

Weber, Judith

Book

Flexible Arbeitszeiten in der Personalplanung

Provided in Cooperation with:

Rainer Hampp Verlag

Suggested Citation: Weber, Judith (1999) : Flexible Arbeitszeiten in der Personalplanung, ISBN 3-87988-382-3, Rainer Hampp Verlag, München und Mering

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/116891>

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.

Judith Weber

Flexible Arbeitszeiten in der Personalplanung

HWWA-INSTITUT
Bibliothek

A 99
3182



A99-3182

Rainer Hampp Verlag



Flexible Arbeitszeiten in der Personalplanung

Judith Weber

Flexible Arbeitszeiten in der Personalplanung

A 99-3182

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Weber, Judith:

Flexible Arbeitszeiten in der Personalplanung / Judith Weber -
München ; Mering : Hampp, 1999

Zugl.: Frankfurt, Univ., Diss., 1999 u.d.T.: Flexible Arbeitszeiten in
optimierenden Personalplanungsmodellen: Die implizite Modellierung flexibler
Arbeitszeiten bei expliziter Berücksichtigung arbeitszeitrechtlicher Regelungen
ISBN 3-87988-382-3

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.

Geleitwort

Das Thema „Arbeitszeitflexibilisierung“ ist seit Anfang der 70er Jahre in Deutschland populär und hat bisher an Attraktivität kaum eingebüßt. Viel Phantasie wird darauf verwendet, immer neue „Modelle“ flexibler Arbeitszeiten zu erfinden und praktisch zu erproben, ohne daß man sich die Implikationen bezüglich der personalwirtschaftlichen Verfügbarkeits- und Wirksamkeitsprobleme immer bewußt gemacht hätte. Ein Grund für die intensive Befassung mit dem Thema Arbeitszeitflexibilisierung mag nicht zuletzt darin liegen, daß mit Arbeitszeitflexibilisierung - oft unreflektiert - die „politische“ Idee von mehr Zeitautonomie und Zeitsouveranität für Arbeitnehmer assoziiert wird.

Auch in der vorliegenden Arbeit geht es um die Entwicklung von Arbeitszeitmodellen, allerdings werden diese nicht bezüglich der Dauer, der Lage und der Struktur der Arbeitszeit exogen vorgegeben, sondern endogen erzeugt. Vor dem Hintergrund rechtlich zulässiger Gestaltungsoptionen für Arbeitszeiten und mit Blick auf das Erfordernis, einen gegebenen betrieblichen Personalbedarf decken zu müssen, werden Entscheidungsmodelle formuliert, mit deren Hilfe rechtlich zulässige und zugleich ökonomisch vernünftige Arbeitszeitmuster gefunden werden können, und dies in einer Weise, in der - zumindest in Grenzen - sowohl den Interessen der Arbeitgeber als auch den Interessen der Arbeitnehmer Rechnung getragen werden kann.

Wichtig für die differenzierte Problembehandlung ist die aus der angloamerikanischen Literatur geläufige Unterscheidung von Modellen des shift-scheduling, des days-off-scheduling und des tour-scheduling. Im Mittelpunkt des shift-scheduling stehen Fragen der optimalen Gestaltung der Dauer, der Lage und der Struktur der täglichen Arbeitszeit. Demgegenüber befaßt sich das days-off-scheduling mit der Gewährung arbeitsfreier Tage innerhalb eines mehrtägigen Zeitraums (z.B. einer Woche). Im tour-scheduling werden die Fragen des shift- und des days-off-scheduling simultan bearbeitet. Auf die Frage, wie flexible Arbeitszeiten in solchen Modellen erfaßt werden können gibt es im Prinzip zwei Antworten: entweder durch Vorgabe kompletter Schichten bzw. miteinander kombinierbarer Teilschichten (Module), unter denen eine Auswahl zu treffen ist (sog. explizite Modellierung) oder durch Vorgabe temporaler Rahmenbedingungen, unter denen zulässige und optimale Schichten bzw. Schichtfolgen zu generieren sind (sog. implizite Modellierung). Der zuletzt angesprochenen Methode, die grundsätzlich mehr Flexibilität zu erfassen und zu verarbeiten erlaubt als die beiden genannten Formen expliziter Modellierung, gilt im weiteren das besondere Interesse. Im Vordergrund stehen dabei rechtliche Regelungen zur Arbeitszeitgestaltung, die wiederum in gesetzliche Regelungen (niedergelegt vor allem im Arbeitszeit- und Beschäftigungsförderungsgesetz) einerseits und tarifliche sowie betriebliche Regelungen andererseits unterschieden werden. Die im Verlauf der Arbeit entwickelten Modelle (insgesamt 19) zeigen Wege auf, wie das Flexibilitätspotential, das rechtliche Regelungen zur Arbeitszeitgestaltung den Unternehmen belassen, in

systematischer und methodisch gesicherter Weise in Ansätzen der Personalplanung erfaßt werden kann.

Eine solche Arbeit zu schreiben, setzt profunde Kenntnisse nicht nur auf dem Gebiet des Arbeitszeitrechts, sondern auch auf den Gebieten Personalplanung und binäre Optimierung voraus. Die Verfasserin belegt in ihrer Untersuchung, daß sie über dieses Wissen in hinreichendem Maße verfügt. Aber nicht nur dies: sie verfügt auch über die erforderliche Phantasie, um komplexe rechtliche Bedingungen mit der Sprache der Mathematik in eine für die Anwendung quantitativer Methoden geeignete Form zu bringen. Nicht unerwähnt bleiben sollen auch der Entwurf und die Auswertung der vielen Zahlenbeispiele, die das Verständnis der Arbeit merklich unterstützen.

Es bleibt zu wünschen, daß die vielfältigen Anregungen, die die Arbeit für die praktische Ausgestaltung und für die theoretische Behandlung flexibler Arbeitszeiten im Kontext der Personaleinsatzplanung bereithält, aufgegriffen und weiterverfolgt werden.

Frankfurt, den 7. Mai 1999

Hugo Kossbiel

Vorwort

Die vorliegende Arbeit wurde unter dem Titel „Flexible Arbeitszeiten in optimierenden Personalplanungsmodellen: Die implizite Modellierung flexibler Arbeitszeiten bei expliziter Berücksichtigung arbeitszeitrechtlicher Regelungen“ im April 1999 vom Fachbereich Wirtschaftswissenschaften der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main, als Dissertation angenommen. Sie entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der dortigen Professur für Personalwirtschaft. Zur Drucklegung der Arbeit wurde der Titel der Dissertation geändert und der Anhang verkürzt.

Meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Hugo Kossbiel danke ich für sein stetes wissenschaftliche Interesse an der Entstehung dieser Arbeit. Herrn Prof. Dr. Heinz Isermann gilt mein Dank für die Erstellung des Zweitgutachtens, Herrn Prof. Dr. Heinz Mathes danke ich für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes und Herrn Prof. Dr. Reinhard Hujer für seine Bereitschaft, als Mitglied der Prüfungskommission zur Verfügung zu stehen.

Ohne die unterstützenden Leistungen der wissenschaftlichen Hilfskräfte an der Professur für Personalwirtschaft wäre die Entstehung der Arbeit sicher nicht so zügig vorangegangen. Insbesondere danke ich Frau Dipl.-Kfr. Anke Rapsch für ihr unerschöpfliches Engagement bei der Suche auch nach den ausgefallensten Literaturquellen und Herrn Hermann Schiebener dafür, daß er zu allen Zeiten für die Wartung der Soft- und Hardware zur Verfügung stand. Herrn Dipl.-Kfm. Michael Knörzer gilt mein Dank für seine stetige Diskussionsbereitschaft, Herrn Volker Paulat für seine sprachlichen Formulierungshinweise. Die zitierten Praxisbeispiele resultieren aus Gesprächen mit Studenten und Freunden, insbesondere Herrn Christian Treu gilt hier mein Dank.

Meinem Mann, meinen Eltern und meinen Freunden sei ganz herzlich für das positive Umfeld gedankt, das sie mir während der Entstehungsphase dieser Arbeit geschaffen haben.

Frankfurt, im April 1999

Judith Weber

Inhaltsverzeichnis

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	XIII
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	XVI
SYMBOLVERZEICHNIS	XVII
MODELLVERZEICHNIS	XXIII

1. Flexible Arbeitszeiten als Planungsobjekt: Zugehensweisen, Problemstellung und Gang der Untersuchung

1.1. Flexible Arbeitszeiten als Anwendungsfeld des Operations Research.....	1
1.1.1. Historische Entwicklung.....	1
1.1.2. Abbildungsmethoden.....	3
1.2. Flexible Arbeitszeiten als Objekt der Personalwirtschaft.....	6
1.2.1. Arbeitszeit als Instrument personalwirtschaftlichen Handelns	6
1.2.2. Arbeitszeit im Maßnahmenbereich personalwirtschaftlicher Planung	7
1.3. Resultierende Problemstellung und Gang der Untersuchung	11

2. Elemente, Formen und Rahmenbedingungen flexibler Arbeitszeiten

2.1. Elemente flexibler Arbeitszeiten	14
2.1.1. Zeit und Arbeitszeit.....	14
2.1.2. Flexibilität und Kriterien flexibler Arbeitszeiten.....	17
2.2. Formen flexibler Arbeitszeiten.....	21
2.2.1. Theoretisch abgeleitete Formen flexibler Arbeitszeiten.....	21
2.2.2. Vertraglich vereinbarte Formen flexibler Arbeitszeiten.....	22
2.3. Rahmenbedingungen flexibler Arbeitszeiten	27
2.3.1. Technisch-organisatorische und ökonomische Bedingungen	27
2.3.2. Sozio-kulturelle und rechtliche Bedingungen	30

3. Arbeitszeitrechtliche Regelungen flexibler Arbeitszeiten und aus ihnen abgeleitete Abbildungserfordernisse

3.1. Planungsrelevante arbeitszeitrechtliche Regelungen.....	35
3.1.1. Gesetzliche Regelungen	35
3.1.2. Tarifliche und betriebliche Regelungen.....	37

3.2. Regelungen zur stundenbezogenen Arbeitszeit für den Planungszeitraum Tag (shift-scheduling)	40
3.2.1. Regelungen zur Arbeits- und zur Pausenzeit	40
3.2.2. Bestimmung der Chronologie der Pausenzeit	43
3.3. Regelungen zur tagesbezogenen Arbeitszeit für ein- und mehrwöchige Planungszeiträume (days-off-scheduling)	47
3.3.1. Gesetzliche Regelungen zu den Arbeitstagen	47
3.3.2. Tarifliche Regelungen zu den Arbeitstagen	49
3.4. Regelungen zur stundenbezogenen Arbeitszeit für ein- und mehrwöchige Planungszeiträume (tour-scheduling)	52
3.4.1. Regelungen zur Chronometrie stundenbezogener Arbeitszeiten	52
3.4.2. Regelungen zur Chronologie stundenbezogener Arbeitszeiten	53
3.4.3. Regelungen zu den Ausgleichszeiträumen	55
<u>4. Implizite Modellierung flexibler Arbeitszeiten</u>	
4.1. Grundlagen der impliziten Modellierung	58
4.1.1. Definitionen und Abbildungssituationen	58
4.1.2. Formulierungsvorschriften	60
4.2. Anwendungsfall shift-scheduling: stundenbezogene Arbeitszeit für den Planungszeitraum Tag	68
4.2.1. Planungsrelevante Systematik der Arbeitszeitformen	68
4.2.2. Arbeitszeitformen mit gegebener Arbeitszeitdauer und variabler Lage	69
4.2.2.1. Gegebene Arbeitszeitdauern ohne Pausenerfordernis	69
4.2.2.2. Gegebene Arbeitszeitdauern mit dem Erfordernis einer Pause	77
4.2.2.3. Gegebene Arbeitszeitdauern mit dem Erfordernis von zwei Pausen	83
4.2.3. Arbeitszeitformen mit offener Arbeitszeitdauer und variabler Lage	92
4.2.3.1. Offene Arbeitszeitdauern ohne Pausenerfordernis	92
4.2.3.2. Offene Arbeitszeitdauern mit dem Erfordernis einer Pause	98
4.2.3.3. Offene Arbeitszeitdauern mit dem Erfordernis von zwei Pausen	105

4.2.4.	Berücksichtigung von Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten.....	107
4.3.	Anwendungsfall days-off-scheduling: tagesbezogene Arbeitszeit für ein- und mehrwöchige Planungszeiträume.....	114
4.3.1.	Prämissen der Modellformulierung.....	114
4.3.1.1.	Strukturierung des Planungszeitraums.....	114
4.3.1.2.	Differenzierung der Arbeitszeitformen.....	118
4.3.2.	Planungsmodelle bei Bereitstellungs- und Verwendungseindeutigkeit.....	119
4.3.2.1.	Niveaubestimmung der Personalausstattung.....	119
4.3.2.2.	Arbeitszeitformen mit möglichst vielen zusammenhängenden Freizeittagen und einer Höchstzahl zusammenhängender Arbeitstage.....	123
4.3.2.3.	Arbeitszeitformen mit einer Mindest- und einer Höchstzahl zusammenhängender Arbeitstage.....	133
4.3.3.	Planungsmodelle bei Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten.....	145
4.3.3.1.	Niveau- und Strukturbestimmung der Personalausstattung.....	145
4.3.3.2.	Zusammenhängende Freizeittage bei Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten.....	149
4.3.3.3.	Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage bei Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten.....	154
4.4.	Anwendungsfall tour-scheduling: Verknüpfung der Planungszeiträume Tag und Woche.....	160
4.4.1.	Planungsrelevante Systematik der Arbeitszeitformen.....	160
4.4.2.	Arbeitszeitformen mit gegebener Struktur der Arbeits- und Freizeittage.....	162
4.4.2.1.	Gegebene Struktur der Arbeitstage bei gegebener Arbeitszeitdauer und expliziter Berücksichtigung von Mindestruhezeiten.....	162
4.4.2.2.	Gegebene Struktur der Arbeitstage bei offener Arbeitszeitdauer und expliziter Berücksichtigung von Mindestruhezeiten.....	170
4.4.2.3.	Integration von Ausgleichszeiträumen in Modelle mit offenen Arbeitszeitdauern.....	176

4.4.3. Arbeitszeitformen mit offener Struktur der Arbeits- und Freizeittage	178
4.4.3.1. Offene Struktur der Arbeitstage bei gegebener Arbeitszeitdauer und möglichst vielen zusammenhängenden Freizeittagen	178
4.4.3.2. Offene Struktur der Arbeitstage bei gegebener Arbeitszeitdauer und einer Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage	181
4.4.3.3. Offene Struktur der Arbeitstage bei offener Arbeitszeitdauer	185
4.4.4. Berücksichtigung von Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten.....	191

5. Beurteilung der impliziten Modellierung flexibler Arbeitszeiten

5.1. Einfluß der Zielfunktion	197
5.1.1. Rationalität und Meßbarkeit von Zielen.....	197
5.1.2. Zielobjekte und Zielkonflikte.....	201
5.1.3. Beurteilung der formulierten Zielfunktionen.....	206
5.2. Lösbarkeit der Modelle	210
5.3. Flexibilitätsgewinn des Vorgehens	217
ANHANG.....	219
LITERATURVERZEICHNIS.....	239

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Temporale Mehrdeutigkeiten aufgrund von differierenden Arbeitszeiten.....	11
Abb. 2:	Skalen temporaler Maßeinheiten	15
Abb. 3:	Regelungen zur werktäglichen Arbeitszeit und zur Ruhepause.....	41
Abb. 4:	Periodenbestimmte Lagegrenzen zulässiger Pausen bei einer Arbeitszeitdauer von 6,5 bis 9 Stunden	45
Abb. 5:	Periodenbestimmte Lagegrenzen zulässiger Pausen bei einer Arbeitszeitdauer von 9,5 und 10 Stunden	46
Abb. 6:	Teil(schicht)dienst ohne Einhaltung einer ununterbrochenen Ruhezeit von zehn bzw. elf Stunden	54
Abb. 7:	Vier-Felder-Schema der impliziten Modellierung, mit Beispielen belegt	59
Abb. 8:	Logische Kombinationen der Abbildungssituation 1	60
Abb. 9:	Ausformulierte Restriktionen der Abbildungssituation 1	61
Abb. 10:	Formulierungsvorschriften für die Restriktionen der Abbildungssituation 1.....	62
Abb. 11:	Formulierungsvorschriften für die Restriktionen der Abbildungssituation 3.....	65
Abb. 12:	Planungsrelevante Systematik der Arbeitszeitformen für den Anwendungsfall shift-scheduling	69
Abb. 13:	Visualisierung der variablen Lage gegebener Arbeitszeitdauern ohne Pausenerfordernis ($\bar{AZ} = 10$, $S = 14$).....	74
Abb. 14:	Präferenzwerte der Arbeitskräfte für Modell S0.....	76
Abb. 15:	Einsatzplan mit optimierten Beginnzeitpunkten für den Fall gegebener Arbeitszeitdauern ohne Pausen (Modelllösung S0)	76
Abb. 16:	Visualisierung des rechtlich zulässigen Lagekorridors der Pause für gegebene Arbeitszeitdauern mit einer Pause ($\bar{AZ} = 15$ ($\bar{A} = 16$), $\bar{AD}^{\max} = 12$, $S = 20$).....	80
Abb. 17:	Präferenzwerte der Arbeitskräfte für Modell S1.....	82
Abb. 18:	Einsatzplan mit optimierten Beginnzeitpunkten und Pausenlagen für gegebene Arbeitszeitdauern mit einer Pause (Modelllösung S1).....	82
Abb. 19:	Visualisierung des rechtlich zulässigen Lagekorridors der zweiten Pause für gegebene Arbeitszeitdauern ($\bar{AZ} = 19$ ($\bar{A} = 21$), $S = 22$, $\bar{AD}^{\max} = 12$, $s^* = 1$, $s^*_1 = 2, 3, 7, 8, 9, 13$).....	87
Abb. 20:	Präferenzwerte der Arbeitskräfte für Modell S2.....	91
Abb. 21:	Einsatzplan mit optimierten Beginnzeitpunkten und Pausenlagen für gegebene Arbeitszeitdauern mit zwei Pausen (Modelllösung S2).....	92

Abb. 22: Präferenzwerte für Modell S0a	97
Abb. 23: Einsatzplan mit optimierten Arbeitszeitdauern und Beginnzeitpunkten für offene Arbeitszeitdauern ohne Pausen (Modellösung S0a).....	98
Abb. 24: Abhängigkeit des letztmöglichen Einsatzbeginnzeitpunktes von der Dauer unterschiedlicher Arbeitszeitkategorien ($S = 20$; $k = 1, 2, 3$, $\overline{AZ}_1 = 16$ ($\overline{A}_1 = 17$), $\overline{AZ}_2 = 17$ ($\overline{A}_2 = 18$), $\overline{AZ}_3 = 18$ ($\overline{A}_3 = 19$))	102
Abb. 25: Präferenzwerte für Modell S1a	104
Abb. 26: Einsatzplan mit optimierten Arbeitszeitdauern und Beginnzeitpunkten für offene Arbeitszeitdauern mit einer Pause (Modellösung S1a).....	104
Abb. 27: Präferenzwerte der Arbeitskräfte für Modell SQ.....	113
Abb. 28: Einsatzplan mit optimierten Beginnzeitpunkten und Pausenlagen für gegebene Arbeitszeitdauern bei Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten (Modellösung SQ)	113
Abb. 29: Planungszeitraum „Woche(n)“, differenziert nach der Art der Personalbedarfsschwankungen sowie den Arbeitskräfteeigenschaften	115
Abb. 30: Zusammenhang von Planungswoche und Gesamteinsatzplan	116
Abb. 31: Wirkung des „Arbeitskräftezyklus“ in der Planungswoche und im Gesamteinsatzplan der ersten Arbeitskraft	117
Abb. 32: Visualisierung der Lage von zwei- und dreitägigen Freizeitblöcken	121
Abb. 33: Aus der niveaubestimmten Personalausstattung exemplarisch abgeleiteter Einsatzplan (Modellösung D1)	123
Abb. 34: Wirkungsweise der Restriktion (D2.3) am Bsp. eines freien Sonntags ($t = 7$) und maximal sieben zusammenhängender Arbeitstage ($\bar{g} = 7$)	128
Abb. 35: Zusammensetzung der Freizeitkombinationen, incl. ihrer Präferenzwerte.....	129
Abb. 36: Wocheneinsatzplan für Arbeitszeitformen mit möglichst vielen zusammenhängenden Freizeittagen (Modellösung D2)	132
Abb. 37: Wirkungsweise der Restriktion (D3.3) für mehrtägige Freizeiten, die sonntags beginnen	137
Abb. 38: Wirkungsweise der Summationsgrenzen in Restriktion (D3.3) für ausgewählte Beginnzeitpunkte und Freizeitblöcke ($g = 3$, $\bar{g} = 6$, $T = 7$)	138
Abb. 39: Unzulässige Überschneidungen von Freizeitblöcken, wenn Arbeitskraft i^* in $t = 1$ eine zweitägige Freizeit erhält und die Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage drei beträgt ($g = 3$).....	139
Abb. 40: Wirkungsweise der Summationsgrenzen in Restriktion (D3.4) für die Beginnzeitpunkte $t = 1, 2, \dots, 7$ eines dreitägigen Freizeitblocks ($\bar{f}_z = 3$), bei mindestens drei zusammenhängenden Arbeitstagen ($\bar{g} = 3$).....	143

Abb. 41: Wocheneinsatzplan für Arbeitszeitformen mit einer Mindest- und einer Höchstzahl zusammenhängender Arbeitstage (Modellösung D3)	144
Abb. 42: Aus der niveau- und strukturbestimmten Personalausstattung exemplarisch abgeleiteter Einsatzplan (Modellösung D4)	148
Abb. 43: Wocheneinsatzplan für Arbeitszeitformen mit möglichst vielen zusammenhängenden Freizeittagen bei Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten (Modellösung D5)	153
Abb. 44: Visualisierung der während der Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage auszuschließenden Freizeitblöcke	158
Abb. 45: Planungsrelevante Systematik der Arbeitszeitformen für den Anwendungsfall tour-scheduling.....	160
Abb. 46: Auszuschließende Beginnzeitpunkte bei einer Mindestruhezeit von $\bar{B}^{\min} = 22$, einer Betriebsruhezeit von $\bar{B} = 18$ (20) [$S = 30$ (28)] und Anwesenheitsdauern von $\bar{A}_1 = 14$, $\bar{A}_2 = 15$	166
Abb. 47: Präferenzwerte der Arbeitskräfte für Modell T1	169
Abb. 48: Einsatzplan des tour-scheduling mit optimierter Lage der Arbeitszeit bei gegebener Arbeitszeitdauer und expliziter Berücksichtigung von Mindestruhezeiten (Modellösung T1).....	170
Abb. 49: Präferenzwerte für Modell T2	175
Abb. 50: Einsatzplan des tour-scheduling mit optimierten stundenbezogenen Arbeitszeiten und expliziter Berücksichtigung von Mindestruhezeiten (Modellösung T2)	175
Abb. 51: Einsatzplan des tour-scheduling bei offener Struktur der Arbeitstage und offener Arbeitszeitdauer (Modellösung T5)	190
Abb. 52: Arbeitszeitpräferenzen in Abhängigkeit von den Zielartikulanten und den Zielobjekten	202
Abb. 53: Ausprägungen der Zielobjekte, differenziert nach den Planungsbereichen shift-, days-off- und tour-scheduling	204
Abb. 54: Zahl der Restriktionen und der Variablen, differenziert nach den Modellen des shift-scheduling	213
Abb. 55: Zahl der Restriktionen und der Variablen, differenziert nach den Modellen des days-off-scheduling	215
Abb. 56: Zahl der Restriktionen und der Variablen, differenziert nach den Modellen des tour-scheduling.....	216

Abkürzungsverzeichnis

AFG	Arbeitsförderungsgesetz
AG	Aktiengesellschaft
ArbGeb	Arbeitgeber
ArbZG	Arbeitszeitgesetz
Art.	Artikel
BAG	Bundesarbeitsgericht
BeschFG	Gesetz über arbeitsrechtliche Vorschriften zur Beschäftigungsförderung (Beschäftigungsförderungsgesetz)
BetrVG	Betriebsverfassungsgesetz
BUrlG	Mindesturlaubsgesetz für Arbeitnehmer (Bundesurlaubsgesetz)
DAG	Deutsche Angestellten Gewerkschaft
Diss.	Dissertation
GG	Grundgesetz
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
Habil.	Habilitationsschrift
HBV	Gewerkschaft Handel, Banken und Versicherungen
Hrsg. (hrsg.)	Herausgeber (herausgegeben)
i. V.m.	in Verbindung mit
IG	Industriegewerkschaft
JArbSchG	Gesetz zum Schutze der arbeitenden Jugend (Jugendarbeitsschutzgesetz)
Kap.	Kapitel
KSchG	Kündigungsschutzgesetz
LadenschlußG	Ladenschlußgesetz
MuSchG	Gesetz zum Schutze der erwerbstätigen Mutter (Mutterschutzgesetz)
rel.	relevante
SGB	Sozialgesetzbuch
TVG	Tarifvertragsgesetz
WSI	Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliches Institut in der Hans-Böckler-Stiftung

Symbolverzeichnis

Datum

- \bar{A} := Anwesenheitsdauer (Arbeitszeitdauer und Pausendauer), gemessen in Perioden (halbstündige Abschnitte)
- \bar{A}_i := arbeitskraftspezifische Anwesenheitsdauer (Arbeitszeitdauer und Pausendauer), gemessen in Perioden (halbstündige Abschnitte)
- \bar{A}_i^{\min} := Mindestanwesenheitsdauer (Arbeitszeitdauer und Pausendauer) der Arbeitskraft i , gemessen in Perioden (halbstündige Abschnitte)
- \bar{A}_k := Anwesenheitsdauer (Arbeitszeitdauer und Pausendauer) der Arbeitszeitkategorie k , gemessen in Perioden (halbstündige Abschnitte)
- \bar{AD}^{\max} := maximal zulässige zusammenhängende Arbeitszeitdauer, gemessen in Perioden (halbstündige Abschnitte)
- \bar{AZ} := Arbeitszeitdauer, gemessen in Perioden (halbstündige Abschnitte)
- \bar{AZ}_i := Arbeitszeitdauer der Arbeitskraft i , gemessen in Perioden (halbstündige Abschnitte)
- \bar{AZ}_i^{\min} := Mindestarbeitszeitdauer der Arbeitskraft i , gemessen in Perioden (halbstündige Abschnitte)
- \bar{AZ}_k := Arbeitszeitdauer der Arbeitszeitkategorie k , gemessen in Perioden (halbstündige Abschnitte)
- \bar{AZ}^* := durchschnittliche Arbeitszeitdauer pro Arbeitskraft und Tag, gemessen in Perioden (halbstündige Abschnitte)
- \bar{B} := Dauer der betriebsspezifischen Ruhezeit, gemessen in Perioden (halbstündige Abschnitte)
- \bar{B}^{\min} := Mindestdauer einer zusammenhängenden Ruhezeit für Arbeitskräfte, gemessen in Perioden (halbstündige Abschnitte)
- \bar{f}_z := Anzahl Freizeittage pro Freizeitblock der Art z
- \bar{f}^{\max} := Anzahl Freizeittage des längsten Freizeitblockes
- \bar{F}^{\min} := Mindestzahl Freizeittage pro Arbeitskraft und Woche
- \bar{F}^{\max} := maximale Anzahl Freizeittage pro Arbeitskraft und Woche
- \bar{g} := maximale Anzahl zusammenhängender Arbeitstage
- \underline{g} := Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage

- M^* := Zahl der eindeutig bestimmten abhängigen Variablen
 \overline{PA} := Anzahl bereitgestellter Arbeitskräfte
 \overline{PA}_r := Anzahl bereitgestellter Arbeitskräfte der Kategorie r
 \overline{PA}_r^{\max} := Obergrenzen der Personalausstattung, differenziert nach Arbeitskräfte-kategorien
 \overline{PB}_s := Personalbedarf in Periode s (s ist ein halbstündiger Abschnitt)
 \overline{PB}_t := Personalbedarf in Periode t (t ist ein Tag)
 \overline{PB}_s^t := Personalbedarf in Periode s (s ist ein halbstündiger Abschnitt) des Tages t
 \overline{PB}_q^s := Personalbedarf der Tätigkeitsart q in Periode s (s ist ein halbstündiger Abschnitt)
 \overline{PB}_q^t := Personalbedarf der Tätigkeitsart q in Periode t (t ist ein Tag)
 \overline{PB}_q^{st} := Personalbedarf der Tätigkeitsart q in Periode s (s ist ein halbstündiger Abschnitt) des Tages t
 \overline{T}^* := durchschnittliche Anzahl Arbeitstage pro Arbeitskraft und Woche

Variablen

- a_{ik} := $\begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ mit Arbeitszeitkategorie } k \text{ bereitgestellt wird} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$
 a_{ik}^t := $\begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ am Tag } t \text{ mit Arbeitszeitkategorie } k \text{ bereitgestellt} \\ & \text{wird} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$
 C_i^y := $\begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ Freizeitkombination } y \text{ zugewiesen wird} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$
 FT_i^t := $\begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ in Periode } t \text{ einen Freizeittag erhält} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$
 FT^{zt} := Anzahl zu gewährender Freizeitblöcke der Art z , die in Periode t beginnen
 FT_i^{zt} := $\begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ in Periode } t \text{ mit Freizeitblock } z \text{ beginnt} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$

- FT_r^{zt} := Anzahl zu gewährender Freizeitblöcke der Art z, die in Periode t für Arbeitskräfte der Kategorie r beginnen
- $P_{iss'}$:= $\begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ in Periode } s \text{ ihre erste Pause hat und in Periode } s' \\ & \text{ihren Einsatz begonnen hat} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$
- PA := Anzahl bereitzustellender Arbeitskräfte
- PA_r := Anzahl bereitzustellender Arbeitskräfte der Kategorie r
- PE_{is} := $\begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ in Periode } s \text{ eingesetzt wird} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$
- PE_{is}^t := $\begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ in Periode } s \text{ des Tages } t \text{ eingesetzt wird} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$
- PE_{iq}^s := $\begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ in Periode } s \text{ für Tätigkeitsart } q \text{ eingesetzt wird} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$
- PE_{iq}^t := $\begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ in Periode } t \text{ für Tätigkeitsart } q \text{ eingesetzt wird} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$
- PE_{iq}^{st} := $\begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ in Periode } s \text{ des Tages } t \text{ für Tätigkeitsart } q \\ & \text{eingesetzt wird} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$
- u_{is} := $\begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ in Periode } s \text{ mit ihrem Einsatz beginnt} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$
- u_{is}^t := $\begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ in Periode } s \text{ des Tages } t \text{ mit ihrem Einsatz} \\ & \text{beginnt} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$

Koeffizienten

- ΩA^k := Präferenzwert (des Unternehmens) für Arbeitszeitkategorie k
- ΩL_i^s := Präferenzwert der Arbeitskraft i für die Lage der Arbeitszeit (erfaßt anhand des Beginnzeitpunktes s)
- ΩL_i^{st} := Präferenzwert der Arbeitskraft i für die Lage der Arbeitszeit (erfaßt anhand des Beginnzeitpunktes s) im Arbeitstag t

- ΩP_i^s := Präferenzwert der Arbeitskraft i für die Lage der Pause (erfaßt anhand der Periode s)
- ΩP_i^{st} := Präferenzwert der Arbeitskraft i für die Lage der Pause (erfaßt anhand der Periode s) im Arbeitstag t
- ΩF^t := (kollektiver) Präferenzwert für einzelne Freizeittage t
- ΩK^y := (kollektiver) Präferenzwert für die Lage der Freizeitkombination y
- ΩB^{zt} := (kollektiver) Präferenzwert für die Lage (erfaßt anhand des Beginnzeitpunktes t) des in seiner Dauer bestimmten Freizeitblockes z
- Φ := Personalkosten pro bereitzustellender Arbeitskraft
- Φ_r := Personalkosten pro bereitzustellender Arbeitskraft der Kategorie r
- \bar{W} := Anzahl zu planender Wochen

Indices

- $i = 1, 2, \dots, I$:= Index zur Kennzeichnung von individuellen Arbeitskräften
- $k = 1, 2, \dots, K$:= Index zur Kennzeichnung von Arbeitszeitkategorien, differenziert nach der Arbeitszeitdauer
- $q = 1, 2, \dots, Q$:= Index zur Kennzeichnung von Tätigkeitsarten
- $r = 1, 2, \dots, R$:= Index zur Kennzeichnung von (nach ihrem Tätigkeitsspektrum differenzierten) Arbeitskräftekategorien
- $s = 1, 2, \dots, S$:= Index zur Kennzeichnung von Perioden, hier: halbstündige Abschnitte pro Tag
- $t = 1, 2, \dots, T$:= Index zur Kennzeichnung von Perioden, hier: Tage
- $y = 1, 2, \dots, Y$:= Index zur Kennzeichnung von Freizeitkombinationen (zusammengesetzt aus zwei aufeinander folgenden Freizeittagen)
- $z = 1, 2, \dots, Z$:= Index zur Kennzeichnung von Freizeitblöcken, bestimmt durch die Anzahl der zusammenhängenden Freizeittage
- i^* := Index zur Kennzeichnung der Arbeitskraft, deren Wocheneinsatzplan im Gesamteinsatzplan dem Wocheneinsatzplan der Arbeitskraft i direkt folgt
- i^{**} := Index zur Kennzeichnung der Arbeitskraft, deren Wocheneinsatzplan im Gesamteinsatzplan der zweite Wocheneinsatzplan ist, der dem Wocheneinsatzplan der Arbeitskraft i folgt

- \bar{i} := Index zur Kennzeichnung der Arbeitskraft, deren Wocheneinsatzplan im Gesamteinsatzplan dem Wocheneinsatzplan der Arbeitskraft i direkt vorausläuft
- s' := Periode (halbstündiger Abschnitt), in der die Anwesenheitsdauer beginnt
- s^* := Periode (halbstündiger Abschnitt), in der die Pause vorgesehen ist
- s^*_1/s^*_2 := Periode (halbstündiger Abschnitt), in der die erste/zweite Pause vorgesehen ist
- s^a := erste Periode (halbstündiger Abschnitt), in der unter Einhaltung der Zulässigkeit des resultierenden Arbeitszeitmusters eine Pause vorgesehen werden kann
- s^a_1/s^a_2 := erste Periode (halbstündiger Abschnitt), in der unter Einhaltung der rechtlichen Vorschriften die erste/zweite Pause vorgesehen werden kann
- s^b := letzte Periode (halbstündiger Abschnitt), in der unter Einhaltung der Zulässigkeit des resultierenden Arbeitszeitmusters eine Pause vorgesehen werden kann
- s^b_1/s^b_2 := letzte Periode (halbstündiger Abschnitt), in der unter Einhaltung der rechtlichen Vorschriften die erste/zweite Pause vorgesehen werden kann
- t^* := Index zur Kennzeichnung des arbeitskraftspezifischen Arbeitstages, der dem betrachteten Arbeitstag t direkt folgt
- Y^* := Freizeitkombination, die Freizeittage zweier aufeinander folgender Wocheneinsatzpläne umfaßt ($\underline{T}_{Y^*} = \{T, I\}$)

Mengen und Indextmengen

- $\underline{I}^\#$:= Menge der mehrfachqualifizierten Arbeitskräfte ($\#Q_i > 1, \forall i \in \underline{I}^\#$)
- \underline{I}_k := Menge der Arbeitskräfte i , die mit der Arbeitszeitkategorie k bereitgestellt werden können
- \underline{I}_q := Menge der individuellen Arbeitskräfte i , die für Tätigkeitsart q bereitgestellt werden können (individuelles Bereitstellungsspektrum)
- \underline{I}_r := Menge gleichqualifizierter, individueller Arbeitskräfte i (verfügen über untereinander austauschbare Einsatzpläne)
- \underline{I}_t := Menge der Arbeitskräfte i , die in Periode t (t ist ein Tag) verfügbar sind
- \underline{K}_i := Menge der Arbeitszeitkategorien k , nach denen Arbeitskraft i bereitgestellt werden kann
- \underline{N}^* := Menge der unabhängigen Variablen ohne deren erstes Element

- \underline{Q}_i := Menge der Tätigkeitsarten q , die von der individuellen Arbeitskraft i ausgeführt werden können (individuelles Verwendungsspektrum)
- \underline{R}_q := Menge der Arbeitskräftekategorien r , die für Tätigkeitsart q bereitgestellt werden können (kollektives Bereitstellungsspektrum)
- \underline{S}_i := Menge der Perioden s (Einsatzbeginnzeitpunkte), in denen die individuelle Arbeitskraft i ihren Einsatz beginnen kann
- \underline{S}_k := Menge der Perioden s (Einsatzbeginnzeitpunkte), in denen ein Einsatz nach Arbeitszeitkategorie k beginnen kann
- \underline{SB} := Menge der aufgrund der einzuhaltenden Mindestruhezeit auszuschließenden Einsatzbeginnzeitpunkte
- \underline{T}_i := Menge der Perioden t (t ist ein Tag), in denen Arbeitskraft i verfügbar ist
- \underline{T}_y := Menge der Perioden t (t ist ein Tag), die als Freizeittage die Kombination y definieren
- \underline{X} := Menge der unabhängigen Größen einer WENN-DANN-Aussage
- \underline{Y} := Menge der abhängigen Größen einer WENN-DANN-Aussage

Modellverzeichnis

Modell S0:	Gegebene Arbeitszeitdauern ohne Pausenerfordernis.....	70
Modell S1:	Gegebene Arbeitszeitdauern mit dem Erfordernis einer Pause	77
Modell S2:	Gegebene Arbeitszeitdauern mit dem Erfordernis von zwei Pausen	84
Modell S0a:	Offene Arbeitszeitdauern ohne Pausenerfordernis.....	94
Modell S1a:	Offene Arbeitszeitdauern mit dem Erfordernis einer Pause	99
Modell S2a:	Offene Arbeitszeitdauern mit dem Erfordernis von zwei Pausen	105
Modell SQ:	Berücksichtigung von Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten bei gegebenen Arbeitszeitdauern mit einer Pause	109
Modell D1:	Niveaubestimmung der Personalausstattung.....	120
Modell D2:	Arbeitszeitformen mit möglichst vielen zusammenhängenden Freizeittagen und einer Höchstzahl zusammenhängender Arbeitstage	125
Modell D3:	Arbeitszeitformen mit einer Mindest- und einer Höchstzahl zusammenhängender Arbeitstage	133
Modell D4:	Niveau- und Strukturbestimmung der Personalausstattung	145
Modell D5:	Zusammenhängende Freizeittage bei Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten.....	150
Modell D6:	Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage bei Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten.....	154
Modell T1:	Gegebene Struktur der Arbeitstage bei gegebener Arbeitszeitdauer und expliziter Berücksichtigung von Mindestruhezeiten.....	163
Modell T2:	Gegebene Struktur der Arbeitstage bei offener Arbeitszeitdauer und expliziter Berücksichtigung von Mindestruhezeiten.....	171
Modell T3:	Offene Struktur der Arbeitstage bei gegebener Arbeitszeitdauer und möglichst vielen zusammenhängenden Freizeittagen	179
Modell T4:	Offene Struktur der Arbeitstage bei gegebener Arbeitszeitdauer und einer Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage.....	181
Modell T5:	Offene Struktur der Arbeitstage bei offener Arbeitszeitdauer.....	185
Modell TQ:	Offene Struktur der Arbeitstage bei offener Arbeitszeitdauer und Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten.....	192

1. Flexible Arbeitszeiten als Planungsobjekt: Zugeweisen, Problemstellung und Gang der Untersuchung

1.1. Flexible Arbeitszeiten als Anwendungsfeld des Operations Research

1.1.1. Historische Entwicklung

Das Operations Research dient der „modellgestützte(n) Vorbereitung von Entscheidungen zur Gestaltung und Steuerung von sozio-technischen Systemen“¹. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung von Lösungsverfahren, ein weiterer bei der Schichtplanung. Auf personalwirtschaftliche Problemstellungen angewandt, erfolgt bei der Schichtplanung eine Zuordnung der von den Arbeitskräften zur Verfügung gestellten Arbeitszeit zu der für die betriebliche Aufgabenerfüllung benötigten Zeit². Weichen dabei die Dauer und die Lage der Arbeitszeit der Arbeitskräfte von der Dauer und der Lage der Betriebszeit des Unternehmens ab, kann dies zu komplexen Problemen führen.

Zur Lösung solcher Probleme entwickelte das Operations Research vor allem heuristische Verfahren³, Verfahren der (linearen) Optimierung, der Netzplantechnik⁴ und der Simulation⁵. Wir konzentrieren uns im folgenden auf das Instrumentarium der

- 1 MÜLLER-MEHRBACH (1979), S. 292 Vgl. bzgl. weiterer Definitionen z.B. HILLIER/LIEBERMANN (1988), S. 3f.; ZIMMERMANN (1992), S. 1f.; NEUMANN/MORLOCK (1993), S. 5; DOMSCHKE/DREXL (1995), S. 1.
- 2 Einen weiteren betriebswirtschaftlichen Anwendungsbereich der Schichtplanung finden wir z.B. in der Produktionswirtschaft. Dort erfolgt die Zuordnung von Aufgaben zu Maschinen meist über mehrere Zeitintervalle, unter Reihenfolgebedingungen und Kapazitätsrestriktionen (vgl. z.B. BLAZEWICZ et al. (1994), S. 37, BRÜCKER (1995), S. 1; VAESSENS (1995), S. 1). Diese Elemente können wir auch bei der personalwirtschaftlichen Problemstellung erkennen.
- 3 Vgl. bzgl. ihrer Anwendung z.B. die Modelle von HENDERSON/BERRY (1976); RITZMAN/KRAJEWSKI/SHOWALTER (1976); SMITH/WIGGINS (1977), MC GINNIS/CULVER/DEANE (1978), GLOVER/MC MILLAN/GLOVER (1984), MARTELLO/TOTH (1986); BECHTOLD/SHOWALTER (1987); DESROCHERS/SOUMIS (1989); DREXL (1989a); EASTON/ROSSIN (1991a); LI/ROBINSON/MABERT (1991); BIANCO et al. (1992), BRUSCO/JACOBS (1993), (1993a); RANDHAWA/SITOMPUL (1993); BECHTOLD/BRUSCO (1994a); BRUSCO et al. (1995); THOMPSON (1996) Bzgl. eines Vergleichs der Lösungsgüte von (ausgewählten) Heuristiken z.B. BECHTOLD/BRUSCO/SHOWALTER (1991); BRUSCO/JACOBS (1993).
- 4 Vgl. z.B. SEGAL (1974); CARRARESI/GALLO (1984); KHAN/LEWIS (1987), KOOP (1988); KRESS/GOLANY (1994); BERMAN/LARSON/PINKER (1997)
- 5 Vgl. z.B. MABERT/WATTS (1982), FREEMAN (1992); KAUPP/PAULY/PIBERNIK (1996); PAULY (1997). Bzgl. eines Überblickes über die Anwendung weiterer Instrumente zur Erfassung von Schichtplanungsproblemen z.B. BRYANT/MAGGARD/TAYLOR (1973); NIEHAUS (1979); bzgl. diverser Systematisierungsversuche z.B. GUNTHER (1989), S. 214; THOMPSON (1992), S. 1074

linearen Optimierung, welches im betrachteten Anwendungsbereich erstmals 1954 von Dantzig⁶ genutzt wurde. Dantzig formulierte für die Besetzung von Autobahnmautstellen ein Modell, welches bei der Vorgabe von nach ihrem Einsatzbeginn differenzierten Schichten Arbeitskräfte einem stündlich schwankenden Personalbedarf zuweist. Ziel ist die Minimierung der Zahl einzusetzender Arbeitskräfte.

Das Vorgehen, für spezielle Praxisfälle Ansätze zu formulieren und zu lösen, ohne zu hinterfragen, ob mit diesen Modellen ähnlich geartete Problemstellungen gelöst werden können, war lange Zeit üblich. Es wurden meist Fälle aus den Bereichen der Telephonvermittlung (telephon operator)⁷, des Verkehrswesens (crew scheduling)⁸ sowie der Kranken- und Pflegedienste (nurse scheduling)⁹ thematisiert. Die Forschungsaktivitäten fanden damals wie heute primär im anglo-amerikanischen Raum statt¹⁰. Die Forscher sind überwiegend den Wissenschaftsbereichen des Operations Research, der Informatik sowie der Mathematik zuzuordnen. Die Zugehensweise zur Problematik der Schichtplanung erfolgt dementsprechend eher von der methodischen Seite - dort vor allem unter dem Aspekt der Lösbarkeit¹¹ - als von der personalwirtschaftlichen Seite.

Zur Unterscheidung des zeitlichen Bezugs der Planungsmodelle haben sich in der Literatur die von uns übernommenen Begriffe des shift-, days-off- und tour-scheduling etabliert¹². In den Modellen des shift-scheduling werden Fragestellungen der täglichen

⁶ Vgl. DANTZIG (1954).

⁷ Vgl. z.B. SEGAL (1974); BUFFA/COSGROVE/LUCE (1976), HENDERSON/BERRY (1977); KEITH (1979); GABALLA/PEARCE (1979); WILLIS/HUXFORD (1991).

⁸ Vgl. z.B. PAPPÁS (1967); BOOLER (1975), MARSTEN/SHEPARDSON (1981); HOLLORAN/BYRN (1986); MARTELLO/TOTH (1986); LAVOIE/MINOUX/ODIER (1988); DESROCHERS/SOUMIS (1989); GERSHKOFF (1989); KOSTER (1989); PAIXAO/PATO (1989); DE SOUSA (1991); RYAN (1992); GRAVES et al. (1993); HOFFMAN/PADBERG (1993); SUHL (1993), (1995); KRESS/ GOLANY (1994); BRUSCO et al. (1995)

⁹ Vgl. z.B. WARNER/PRAWDA (1972); MILLER/PIERSKALLA/RATH (1976); SMITH (1976); WARNER (1976); SMITH/WIGGINS (1977); OZKARAHAN/BAILEY (1988); KOSTREVA/JENNINGS (1991); EASTON/ROSSIN/BORDERS (1992), RANDHAWA/SITOMPUL (1993); SIFERD/BENTON (1994). Weitere häufig thematisierte Bereiche sind der Polizei- und Sicherheitsdienst (vgl. z.B. TAYLOR/HUXLEY (1989), FREEMAN (1992); HUNG (1995)) sowie die Gastronomie/Hotellerie (vgl. z.B. SWART/DONNO (1981); LOVE/HOEY (1990); VAKHARIA/SELIM/HUSTED (1992)).

¹⁰ Vgl. bzgl. Ansätzen aus dem deutschsprachigen Raum z.B. FEHR (1973) S. 51 - 60; ALBERS (1977); DREXL (1989), GÜNTHER (1989), S. 168 - 214; BRAUN (1995); SALEWSKI (1995), (1997); SCHNEEWEIß (1995a); SALEWSKI/BÖTTCHER/DREXL (1996); SCHNEEWEIß/LOINJAK/MÜLLER (1996).

¹¹ Vgl. z.B. TIBREWALA/PHILIPPE/BROWNE (1972), RUBIN (1973); SHEPARDSON/MARSTEN (1980); KOOP (1986); VOHRA (1988), PAIXAO/PATO (1989), CERULLI/GAUDIOSO/MAUTONE (1992); PAIAS/PAIXAO (1993) AYKIN (1996) bemerkt dazu: „While the solution aspect of the general shift scheduling problem has been attracting much interest, far less attention has been devoted to modelling options“ (S. 529).

¹² Erstmals BAKER (1976); vgl. bzgl. einer ähnlichen Klassifizierung der Schichtplanungsproble-

Arbeitszeit erfaßt (Dauer, Lage und Struktur der Arbeitsstunden pro Arbeitstag)¹³, in denen des days-off-scheduling Fragen der Gewährung von arbeitsfreien Tagen (arbeitsfreie Tage pro Woche oder innerhalb eines zeitlich weiter gefaßten Zeitraumes)¹⁴. In den Modellen des tour-scheduling werden die Fragestellungen des shift- und days-off-scheduling miteinander kombiniert¹⁵. Die im weiteren vorzufindende Unterscheidung in Modelle der Schicht- und Dienstplanung¹⁶ wollen wir nicht übernehmen. Sie bezieht sich lediglich auf eine Differenzierung der Problemstellungen aus den Bereichen der industriellen oder der Dienstleistungsproduktion, welche sich für die hier betrachtete Problemstellung allein anhand des Umfangs zeitnaher Tätigkeiten¹⁷ differenzieren lassen. Diese zeitliche Struktur der Tätigkeiten determiniert aber unmittelbar die zeitliche Struktur des in dieser Arbeit als gegeben angenommenen Personalbedarfs¹⁸. Er wird in der Dienstleistungsproduktion stärkeren Schwankungen unterliegen als in der industriellen Produktion.

1.1.2. Abbildungsmethoden

Zur Erfassung flexibler Arbeitszeiten in Schichtplanungsmodellen stehen grundsätzlich drei Abbildungsmethoden zur Verfügung: die Vorgabe kompletter Schichten, die

me nach den Anwendungsbereichen und den temporalen Planungsbereichen SALEWSKI (1998), S. 128f.

- ¹³ Vgl. z.B. BUFFA/COSGROVE/LUCE (1976); HENDERSON/BERRY (1977); BAILEY/FIELD (1985); THOMPSON (1990), (1996a); MALHOTRA et al (1992).
- ¹⁴ Vgl. z.B. BAKER (1974); BROWNELL/LOWERRE (1976); LOWERRE (1977); BARTHOLDI/RATLIFF (1978); BURNS (1978); BAKER/BURNS/CARTER (1979); BURNS/ CARTER (1985); EMMONS (1985); KOOP (1986); ROSENBLOOM/GOERTZEN (1987); HUNG (1991)
- ¹⁵ Vgl. z.B. BAILEY (1985); BURNS/KOOP (1987); TAYLOR/HUXLEY (1989); EASTON/ROSSIN (1991); JACOBS/BECHTOLD (1993); HUNG/EMMONS (1993); HUNG (1993), (1994), (1994b), BECHTOLD/BRUSCO (1994), BRUSCO/JACOBS (1993a) Vgl. zur möglichen Identität der formalen Modelle bei der in Kap. 1.1.2 erklärten Abbildungsmethode „Vorgabe kompletter Schichten“ MORRIS/SHOWALTER (1983); BECHTOLD/SHOWALTER (1987), S. 91f.; JARRAH/BARD/DE SILVA (1994).
- ¹⁶ Vgl. zu Modellen der Schichtplanung z.B. SCHNEEWEIß (1995a); SCHNEEWEIß/LOINJAK/MÜLLER (1996); zu Modellen der Dienstplanung z.B. LOVE/HOEY (1990); THOMPSON (1992); MUCHE (1994).
- ¹⁷ Mit „zeitnaher Tätigkeit“ erfassen wir nichtaufschiebbar Tätigkeiten, die z.B. nur bei Anwesenheit des Kundens erledigt werden können. Vgl. unterstützend MONROE (1970), S.11; CORSTEN (1985), S. 186; THOMPSON (1992), S. 1072; WITTLAGE (1995) S. 25 sowie die Ausführungen in Kap. 2.3.1.
- ¹⁸ Vgl. zu den Determinanten des Personalbedarfs z.B. HACKSTEIN/NÜSSGENS/UPHUS (1971), S. 117f.; KLEENSANG (1973), S. 289; HUBER (1974), S. 57; MÄRKI (1974), S. 19 - 21; REMER (1974), S. 95f.; WÄCHTER (1974), S. 64f.; HERBST (1975), S. 278; BEYER (1981), S. 17; SCHNEIDER (1981), S. 31; KOSSBIEL (1988), S. 1054, (1992), Sp. 1598f.

Vorgabe einzelner Module und die Vorgabe temporaler Rahmengrößen (implizite Modellierung).

Die Vorgabe kompletter Schichten ist historisch gesehen die „klassische“ und auch heute noch die am weitesten verbreitete Abbildungsmethode¹⁹. Sie ist dadurch gekennzeichnet, daß die dem Modell vorgegebenen Schichten vollständig determiniert sind. D.h., daß für z.B. Problemstellungen des shift-scheduling eine Schicht bzgl. der Dauer der Arbeitszeit (z.B. acht Stunden), deren Lage (z.B. von 8.00 Uhr bis 16.30 Uhr) sowie - sofern Pausen betrachtet werden - bzgl. der Dauer (z.B. 30 Min.) und der Lage der Pausenzeit (z.B. von 12.00 Uhr bis 12.30 Uhr) à-priori festgelegt ist. Für die Modellformulierung bedeutet dies eine mit der Zahl der betrachteten Perioden und der Zahl der abzubildenden Arbeitszeitdauern und -lagen exponentiell wachsende Zahl vorzugebender Schichten²⁰. Die Modelllösung weist stets vollständige Einsatzpläne aus; diese zeigen, welche Arbeitskraft zu welcher Zeit (wo) anwesend sein wird.

Die Vorgabe einzelner (Arbeitszeit)module ist eine eher vernachlässigte Zugchensweise zur Schichtplanungsproblematik. Sie ist dadurch gekennzeichnet, daß dem Modell (unterschiedlich lange) Arbeitszeiteilstücke vorgegeben werden, welche in der Modelllösung zu kompletten Schichten zusammengesetzt werden. Im Bereich des shift-scheduling konnten wir einen Ansatz finden, in welchem Module vierstündiger Dauer zu stets achtstündigen Arbeitszeiten zusammengesetzt werden²¹. Im Bereich des tour-scheduling fanden wir einen weiteren Ansatz, dessen Module durch eine unterschiedliche Anzahl Tage incl. unterschiedlich gelegener Freizeittage charakterisiert sind; im Lösungsprozeß werden diese zu einem mehrere Wochen umfassenden Einsatzplan zusammengesetzt²². Modelle, in denen z.B. für den Fall des shift-scheduling vorgegebene Module von zwei, drei oder vier zusammenhängenden Stunden zu kompletten Schichten unterschiedlicher Länge zusammengesetzt werden, konnten wir nicht erkennen. Dies mag daran liegen, daß die Formulierungen der „modularen Modellierung“ im Vergleich zur Vorgabe kompletter Schichten relativ aufwendig ist, während der Flexibilitätsgewinn im Vergleich zur im folgenden erläuterten „impliziten Modellierung“ relativ gering ist²³.

¹⁹ Vgl. zunächst DANTZIG (1954), im weiteren KEITH (1979); MARSTEN/MULLER/KILLION (1979); BARTHOLDI (1981); BAILEY/FIELD (1985); SHOWALTER/MABERT (1988); GERSHKOFF (1989); EASTON/ROSSIN (1991); FERLAND/TAILLEFER (1992); CERULLI/GAUDIOSO/AUTONE (1992); KOSSBIEL (1992a); BECHTOLD/BRUSCO (1994) sowie die meisten der bereits genannten Autoren.

²⁰ Vgl. BECHTOLD/JACOBS (1991), S. 55 sowie die dort angegebene Literatur.

²¹ Vgl. BAKER/CRABIL/MAGAZINE (1973), S. 119.

²² Vgl. BURNS/KOOP (1987). In einem zweiten Schritt werden die vorgesehenen Arbeitstage mit unterschiedlichen Schichten (Früh-, Spät-, Nachtschicht) belegt.

²³ Z.B. können 3- und 4-stündige Module nur zu 3, 4, 6, 7, 8, 9 und 10-stündigen Arbeitszeiten, nicht aber zu 5-stündigen Arbeitszeiten zusammengesetzt werden.

Die Vorgabe temporaler Rahmengrößen ist in der Literatur unter dem Begriff der „impliziten Modellierung“ eingeführt. Sie ist eine relativ neue Entwicklung für die Abbildung von Schichtplanungsproblemen²⁴. Das historisch gesehen erste Modell befaßt sich im Bereich des shift-scheduling mit der modellendogenen Generierung von Teilzeitschichten ohne Pausen. Deren Dauer und Lage wird in der Modellösung durch einzelne Perioden bestimmt, in denen jeweils eine bestimmte Zahl von Arbeitskräften ihren Einsatz beginnen bzw. beenden. Restriktionen bzgl. des Zusammenhangs der Einsatzbeginn- und Einsatzendzeitpunkte stellen dabei sicher, daß die Arbeitszeitdauer ein Minimum nicht unter- bzw. ein Maximum nicht überschreiten²⁵. Unabhängig von diesem Modell wurde kurze Zeit später, erneut im Bereich des shift-scheduling, ein Modell formuliert, welches für gegebene Arbeitszeitdauern und -lagen (bezeichnet als „Schicht“) die Lage gegebener Pausendauern bestimmt²⁶. Die Lösung des Modells weist die Zahl der Arbeitskräfte aus, die nach einer gegebenen „Schicht“ bereitgestellt werden und die Zahl der Arbeitskräfte, die bei der gewählten „Schicht“ in einer modellendogen entschiedenen Periode in Pause gehen. Ähnliche Modelle, die sich in der Anzahl zu gewählender Pausen²⁷ oder in der Begrenzung möglicher Pausenlagen²⁸ unterscheiden, folgten. Schließlich wurden die beiden Zugeweisenweisen der impliziten Bestimmung der Arbeitszeitdauer ohne Berücksichtigung von Pausen sowie der impliziten Bestimmung der Lage gegebener Pausendauern bei gegebener Arbeitszeitdauer und -lage in einem Modell zusammengeführt²⁹. Den Lösungen aller genannten Ansätze ist gemeinsam, daß sie keine abschließend bestimmten Einsatzpläne enthalten. Sie

-
- ²⁴ Vgl. erste Ansätze von MOONDRA (1976); GABALLA/PEARCE (1979), weiterentwickelt von BECHTOLD/JACOBS (1990); THOMPSON (1995); AYKIN (1996); JACOBS/BRUSCO (1996) u a
- ²⁵ Vgl. MOONDRA (1976), S. 300. Er bearbeitet die Einsatzplanung einer Bank.
- ²⁶ Vgl. GABALLA/PEARCE (1979), S. 7f. Bearbeitet wurde die Einsatzplanung für die telefonische Reservierung bei einer Fluggesellschaft; die Perioden der möglichen Pausenlagen werden vorgegeben
- ²⁷ Vgl. z. B. AYKIN (1996), S. 594 - 598. Er betrachtet drei unterschiedliche Pausenarten und gibt die Menge der Perioden, in denen diese liegen können, vor. Die betrachteten „Schichten“ sind durch gegebene Arbeitszeitdauern, -lagen und Pausendauern charakterisiert. Die Lösung weist u a die Pausenlagen (in Abhängigkeit von der zugewiesenen Schicht) aus
- ²⁸ Vgl. z. B. BECHTOLD/JACOBS (1990), S. 1342 - 1344, (1991), S. 58 - 63. Sie bestimmen in Abhängigkeit von der durch die Arbeitszeitdauer, -lage und Pausendauer bestimmten Schicht die früheste und die späteste mögliche Periode der Pausenlage. Im Modell wird über die Zahl der Arbeitskräfte, die nach einer Schicht bereitgestellt werden und über die Zahl der Arbeitskräfte, die unabhängig von der ihnen zugewiesenen Schicht in einer gewählten Periode in Pause sind, entschieden. Mittels spezieller Restriktionen werden die Pausenlagen begrenzt und es wird sichergestellt, daß so viele Pausen wie Arbeitskräfte eingeplant werden.
- ²⁹ Vgl. THOMPSON (1995), S. 597 - 600. Vgl. bzgl. weiterer Ansätze der „impliziten Modellierung“ im Bereich des days-off-scheduling z. B. BECHTOLD (1988), S. 358 - 365; im Bereich des tour-scheduling z. B. JARRAH/BARD/DE SILVA (1994); JACOBS/BRUSCO (1996).

weisen stets nur Werte für die einzelnen zu entscheidenden Parameter aus, welche im Anschluß an die Optimierung heuristisch zu Einsatzplänen zusammengesetzt werden.

1.2. Flexible Arbeitszeiten als Objekt der Personalwirtschaft

1.2.1. Arbeitszeit als Instrument personalwirtschaftlichen Handelns

Personalwirtschaftliches Handeln dient der Lösung personalwirtschaftlicher Probleme. Diese können entstehen, wenn Personen bestimmte Dispositionsbefugnisse über ihre Arbeitskraft gegen eine festgelegte Vergütung auf den Unternehmer übertragen, die Ziele der beiden Akteure aber nicht unbedingt übereinstimmen³⁰. Personalwirtschaftliche Probleme lassen sich unterteilen in die beiden Hauptproblembereiche der Herstellung und Sicherung der Verfügbarkeit über Personal und der Herstellung und Sicherung der Wirksamkeit von Personal³¹. Mit den Instrumenten der Personalpotentialdisposition - diese umfassen die Gestaltung der Personalausstattung und des Personaleinsatzes³² - und den Instrumenten der Personalverhaltensbeeinflussung, diese umfassen die Personalverhaltenslenkung, -beurteilung und -abgeltung³³, können wir sie zu lösen versuchen. Dabei wirken die Instrumente der Personalpotentialdisposition unmittelbar auf das Verfügbarkeitsproblem (z.B. kann die Einstellung neuer Arbeitskräfte die Deckung des Personalbedarfs ermöglichen), die Maßnahmen der Personalverhaltensbeeinflussung wirken unmittelbar auf das Wirksamkeitsproblem (z.B. sollte das Gewähren einer Belohnung die Arbeitskraft zu guter Leistung motivieren). Gleichwohl ist die mittelbare Wirkung von Maßnahmen der Personalpotentialdisposition auf das Wirksamkeitsproblem (z.B. kann der gemeinsame Einsatz von Arbeitskräften ethnisch rivalisierender Bevölkerungsgruppen [„Jugoslawienproblem“] zu einer unerwünschten Minderung der Arbeitsproduktivität führen) sowie die mittelbare Wirkung der Maßnahmen der Personalverhaltensbeeinflussung auf das Verfügbarkeitsproblem zu berücksichtigen (z.B. kann eine attraktive Arbeitsumfeldgestaltung [z.B. mitarbeiterorientierte Arbeitszeiten] als strukturelle Maßnahme der Personalverhaltenslenkung das Rekrutierungspotential an Arbeitskräften vergrößern³⁴). Zusätzlich werden die Zielsetzungen personalwirtschaftlichen Handelns, die Wahl der Maßnahmen, die Maßnahmen selbst und deren Wirkungen durch Bedingungen technisch-organisatorischer,

³⁰ Vgl. KOSSBIEL (1994), S. 396f. Zur Bedeutung des Weisungsrechts des Unternehmers z.B. SÖLLNER (1966), S. 16 - 26; LÖWISCH (1981) Bl. 378; PELZ (1987), S. 83 - 100; HROMADKA (1995), S. 1609 - 1615, (1995a), S. 2601 - 2606.

³¹ Vgl. KOSSBIEL (1994), S. 396 - 398. Erstere betrifft die Abstimmung der (vom Unternehmen) nachgefragten und der (von den Arbeitskräften) angebotenen Qualitäten, letztere die Durchsetzung der Ansprüche einer Organisation an das Personalverhalten.

³² Z.B. Personalbeschaffung, -freisetzung, Schulung, Versetzung, Beförderung, Ausleihe. Die Begriffe Personalpotentialdisposition und Personalplanung werden synonym verwendet.

³³ Vgl. KOSSBIEL (1994), S. 401; ausführlicher (1994a), S. 76.

³⁴ Vgl. auch SCHULTES-JASKOLLA/STITZEL (1993), S. 363 - 382.

ökonomischer, sozio-kultureller und rechtlicher Art beeinflusst³⁵. Innerhalb dieser Elementarkategorien personalwirtschaftlichen Handelns³⁶ ordnen wir das Instrument der Gestaltung flexibler Arbeitszeiten dem Maßnahmenbereich der Personalpotentialdisposition zu und thematisieren ihren Einfluß auf die Herstellung und Sicherung der Verfügbarkeit über Personal speziell vor dem Hintergrund arbeitszeitrechtlicher Bedingungen.

1.2.2. Arbeitszeit im Maßnahmenbereich personalwirtschaftlicher Planung

Personalwirtschaftliche Planung dient innerhalb des im vorangegangenen Kapitel rezipierten Rahmens, der Abstimmung des Personalbedarfs mit dem Personaleinsatz und der Personalausstattung. Der Personalbedarf bezeichnet die Art und die Anzahl an Arbeitskräften, die zur Durchführung der in einem Bezugszeitpunkt bzw. -zeitraum vorgesehenen Leistungsprozesse erforderlich sind. Die Personalausstattung umschreibt die Art und die Anzahl an Arbeitskräften, die dem Betrieb in einem Bezugszeitpunkt bzw. -zeitraum zur Verfügung stehen. Der Personaleinsatz erfaßt die Zuordnung der dem Betrieb zur Verfügung stehenden Arbeitskräfte zu einzelnen Arbeitsplätzen oder Tätigkeitsarten; er ist das Bindeglied zwischen den beiden erstgenannten Teilbereichen³⁷. Je nachdem, welche der drei Teilbereiche als Datum in ein Planungsmodell eingehen, können folgende Typen von Personalplanung unterschieden werden³⁸. Sind sowohl der Personalbedarf als auch die Personalausstattung gegebene Größen, so wird in der reinen Personaleinsatzplanung nur über den Personaleinsatz entschieden³⁹. Wird bei gegebenem Personalbedarf über den Personaleinsatz und die -ausstattung entschieden, sprechen wir von reiner Personalbereitstellungsplanung. Die reine Personalverwendungsplanung sieht bei gegebener Personalausstattung eine Entscheidung über den Personalbedarf und -einsatz vor⁴⁰, bei der simultanen Personalplanung stehen alle Teilbereiche zur Disposition⁴¹. Innerhalb dieser Systematik können wir die in Kapitel 1.1.1 vorgestellten Arbeiten der reinen Personalbereitstellungsplanung zuordnen, wenn Art

³⁵ Vgl. ausführlich Kap. 2.3.

³⁶ Vgl. KOSSBIEL (1994), S. 405. Bekannt auch als Handlungsstrukturmodell.

³⁷ Vgl. KOSSBIEL (1988), S. 1054 sowie weitere Aufsätze desselben.

³⁸ Vgl. KOSSBIEL (1993), Sp. 3129, 3135 - 3138; ausführlicher (1976), (1988), S. 1106 - 1140. Vgl. zu anderen, hier nicht weiter verfolgten Systematisierungsversuchen z.B. NIEHAUS (1979), S. 267 - 271; SCHOLZ (1993), S. 45 - 48; DRUMM (1995), S. 178 - 181; OECHSLER (1997), S. 112.

³⁹ Vgl. zu Modellen der reinen Personaleinsatzplanung z.B. KOSSBIEL (1992b) sowie die „klassischen“ Assignment-Ansätze (vgl. z.B. MOSER (1979), NIEHAUS (1979), S. 269f.).

⁴⁰ Vgl. zu Modellen der Personalverwendungsplanung z.B. MUCHE (1989).

⁴¹ Vgl. zu Modellen der simultanen Organisations- und Personalplanung SPENGLER (1993), zu Modellen der simultanen Personal- und Produktionsplanung bzw. Personal- und Investitionsplanung z.B. KOSSBIEL (1974), S. 32 - 39; DOMSCH (1970).

und Umfang der Personalausstattung zu bestimmen sind. Ist diese bereits gegeben, ordnen wir sie dem Bereich der reinen Personaleinsatzplanung zu. Andererseits ist die Abbildung (flexibler) Arbeitszeiten gleichwohl in Modellen der simultanen Personalplanung sowie - z.B. in rezessiven Phasen - in Modellen der reinen Personalverwendungsplanung möglich. Die in dieser Arbeit formulierten Modelle werden sowohl die Bereiche der reinen Personalbereitstellungs- als auch der Personaleinsatzplanung tangieren.

Planungsmodelle können nur vereinfachte Abbildungen der wahrgenommenen Realität sein⁴²; bereits vor ihrer Formulierung müssen wir grundlegende Annahmen treffen⁴³. So ist z.B. abhängig von der betrachteten Problemstellung, der Erfassbarkeit der Daten und dem Lösungsaufwand zu entscheiden, ob individuelle Arbeitskräfte (Individualplanung) oder Arbeitskräftegruppen (Kollektivplanung) betrachtet werden sollen, ob der Personaleinsatz implizit oder explizit auszuweisen ist und nach welchen Kriterien die betrachteten Elemente zu differenzieren sind. Dabei richtet sich die Entscheidung über Individual- oder Kollektivplanung danach, ob Arbeitskräfte inhaltlich sinnvoll zu Gruppen zusammengefaßt werden können. Im Sinne der verfolgten Problemstellung ist dies der Fall, wenn z.B. festzustellen ist, wieviele Arbeitskräfte mit welchen Arbeitszeitmustern bereitzustellen sind, ohne daß z.B. individuelle Ausgleichskonten zu erfassen sind⁴⁴. Die resultierende Kollektivplanung hat den Vorteil einer geringeren Variablen- und Restriktionenzahl sowie den Nachteil weniger differenzierter Aussagen. Die Entscheidung über den impliziten oder expliziten Ausweis des Personaleinsatzes mündet in die aus der Literatur bekannten und miteinander kompatiblen⁴⁵ impliziten und expliziten Ansätze der Personalplanung⁴⁶. Wird allein die Abstimmung zwischen dem Personalbedarf und der Personalausstattung betrachtet, liegt der implizite Ansatz vor. Seine Lösung garantiert die Existenz mindestens eines zulässigen Einsatzplanes, weist diesen aber nicht aus. Beim expliziten Ansatz erfolgt die simultane Abstimmung zwischen Personalbedarf und Personaleinsatz sowie zwischen Personaleinsatz und -ausstattung. Die Variablenzahl ist deutlich höher⁴⁷, die Lösung weist einen Einsatzplan aus. Die zu strukturierenden Elemente der Modelle zur Abbildung flexibler Arbeitszeiten sind die Personaleinsatz- und Personalausstattungsvariablen. Sie sind für die ge-

⁴² Vgl. z.B. BACKES-GELLNER (1996), S. 307; KOSSBIEL/SPENGLER (1997), S. 52f. Zur Definition unterschiedlicher Modellbegriffe und ihrer Bedeutung BRETZKE (1980), insb. S. 23 - 36; ergänzend HOUTMAN (1998), S. 22 - 26.

⁴³ Wir diskutieren an dieser Stelle lediglich die Annahmen, die für alle bearbeiteten Modellbereiche relevant sind. Bereichsspezifische Annahmen treffen wir an entsprechender Stelle.

⁴⁴ Vgl. bzgl. einer Modellierung dieser Fragestellung KOSSBIEL (1992a), S.176, 184 - 195. Den Begriff des Arbeitszeitmusters werden wir gegen Ende dieses Kapitels erläutern.

⁴⁵ Vgl. zum Kompatibilitätsbeweis JARR (1978), S. 14f.

⁴⁶ Vgl. KOSSBIEL (1974), S. 15f., (1992b), Sp. 1660f., (1993), Sp. 3130f.

⁴⁷ Vgl. zum Vergleich des Formulierungsaufwands von expliziten und impliziten Schichtplanungsmodellen der Kollektivplanung KOSSBIEL (1992a), S. 187f.

wählte Problemstellung zwingend nach der zeitlichen Verfügbarkeit der Arbeitskräfte (temporale Dimension) zu differenzieren. Sind im weiteren unterschiedliche Tätigkeitsarten zu erledigen und kann nicht davon ausgegangen werden, daß alle Arbeitskräfte jede Tätigkeitsart (qualitativ gleichwertig) ausüben können, muß die Personalausstattung (zusätzlich) nach unterschiedlichen Qualifikationen differenziert werden (qualitative Dimension). Weitere Differenzierungskriterien ergeben sich, wenn Arbeitskräfte in eingeschränkter Weise für z.B. unterschiedliche Einsatzorte (lokale Dimension) und/oder unterschiedliche organisatorische Ebenen (strukturelle Dimension) bereitzustellen sind⁴⁸.

Können Arbeitskräfte für z.B. mehrere Arbeitszeitmuster, Tätigkeitsarten, Abteilungen oder Einsatzorte bereitgestellt werden, sprechen wir von mehrdeutig verwendbaren Arbeitskräften. Wir sprechen von (qualitativer) Verwendungsmehrdeutigkeit, wenn mehrfach, d.h. für verschiedene Tätigkeitsarten qualifizierte Arbeitskräfte zur Verfügung stehen; diese wurde bereits wiederholt in Personalplanungsmodellen erfaßt⁴⁹. Wir können von sektoraler Verwendungsmehrdeutigkeit sprechen, wenn eine einzelne Arbeitskraft oder eine Arbeitskräftekategorie⁵⁰ für z.B. verschiedene Abteilungen verfügbar ist. Lokale Verwendungsmehrdeutigkeit würde bezeichnen, daß eine Arbeitskraft/Arbeitskräftekategorie an mehreren Orten einsatzbereit ist.

Stellen Arbeitskräfte unterschiedliche Arbeitszeitdauern zur Verfügung, die zudem zu unterschiedlichen Zeiten positioniert werden können, wollen wir von temporalen Mehrdeutigkeiten sprechen. Zu deren Verarbeitung differenzieren wir die Personalausstattung nach ihrer zeitlichen Verfügbarkeit (temporale Dimension) und führen in Anlehnung an den Begriff der Arbeitskräftekategorie den Begriff der Arbeitszeitkategorie ein. Diesen grenzen wir wie folgt von der Definition des Arbeitszeitmusters ab.

⁴⁸ Vgl. zu diesen Dimensionen z.B. KOSSBIEL (1988), S. 1067 - 1078. Die Berücksichtigung der strukturellen Dimension ist z.B. für die Abbildung des Maßnahmenbereichs der Versetzung notwendig. Vgl. zu den (formalen) Anforderungen an die Kategorisierung von Personal MUCHE (1989), S. 14 - 26.

⁴⁹ 1970 thematisierte Kossbiel erstmals diese Art von Mehrdeutigkeiten (vgl. KOSSBIEL (1970)), 1971 publizierte er diese Thematik (vgl. KOSSBIEL (1971)) und führte 1974 die Begriffe der Bereitstellungs- und Verwendungsein- bzw. -mehrdeutigkeit ein (vgl. KOSSBIEL (1974), S. 14). Vgl. bzgl. deren weiteren Verarbeitung z.B. MUCHE (1989), (1994); SPENGLER (1993); KIEPER (1996); FÜRST (1997). Unabhängig von diesen LOUCKS/JACOBS (1991), S. 721 - 723; bzgl. einer hierarchischen Anordnung unterschiedlich qualifizierter Arbeitskräfte, bei der hoher qualifizierte Arbeitskräfte auch die Tätigkeiten niedriger qualifizierter Arbeitskräfte ausführen können EMMONS/BURNS (1991); HUNG/EMMONS (1993); HUNG (1994a) Wir werden auf die Bedeutung qualitativer Mehrdeutigkeiten in Kap. 4.2.4 noch einmal ausführlich eingehen.

⁵⁰ Arbeitskräftekategorien bezeichnen in der Kollektivplanung Gruppen von - bzgl. der Problemstellung relevanten Merkmalen - gleichartigen Arbeitskräften. Denkbare Merkmale sind neben den bereits besprochenen Differenzierungskriterien z.B. das Alter der Arbeitskräfte, die Dauer ihrer Betriebszugehörigkeit, ihr arbeitsrechtlicher Status, ihr Geschlecht oder ihre Nationalität

Arbeitszeitmuster sind durch die Dauer (Chronometrie) und Lage der Arbeitszeit (Chronologie) sowie durch die Dauer und Lage der Pausenzeit eindeutig bestimmt. Sie entsprechen dem bereits eingeführten Begriff der Schicht; unter ihnen lassen sich gleichwohl der Begriff des Dienstes sowie die Bezeichnungen eindeutig bestimmter Formen flexibler Arbeitszeiten⁵¹ subsumieren. Der Begriff der Arbeitszeitkategorie erfaßt demgegenüber, daß mindestens eine der das Arbeitszeitmuster determinierenden Größen nicht eindeutig bestimmt ist. D.h. daß Arbeitszeitkategorien im folgenden unterschieden werden nach der Dauer oder der Lage der Arbeitszeit, und/oder der Dauer oder der Lage der Pausenzeit, wobei mindestens eine dieser Dimensionen eindeutig definiert oder durch Ober- und Untergrenzen begrenzt sein muß⁵². Zur weiteren Differenzierung der temporalen Mehrdeutigkeit definieren wir am Beispiel des shift-scheduling folgende Symbole.

Datum

\overline{AZ} := Arbeitszeitdauer, gemessen in Perioden (halbstündige Abschnitte)

\overline{AZ}_k := Arbeitszeitdauer der Arbeitszeitkategorie k, gemessen in Perioden (halbstündige Abschnitte)

Indices

$k = 1, 2, \dots, K$:= Index zur Kennzeichnung von Arbeitszeitkategorien, differenziert nach der Arbeitszeitdauer

$s = 1, 2, \dots, S$:= Index zur Kennzeichnung von Perioden, hier: halbstündige Abschnitte pro Tag

In der Kopfzeile der Abbildung 1 wird die von den Arbeitskräften zur Verfügung gestellte Arbeitszeitdauer nach der Art ihres „Zur-Verfügung-Stellens“ unterschieden in gegebene Arbeitszeitdauern (z.B. täglich 8 Stunden, Bereitstellungseindeutigkeit) und offene Arbeitszeitdauern (z.B. täglich zwischen 4 und 10 Stunden, Bereitstellungsmehrdeutigkeit)⁵³. In der Kopfspalte erfassen wir, ob die anhand ihres Beginnzeitpunktes erfaßte Arbeitszeitlage gegeben (z.B. morgens um sieben, Verwendungseindeutigkeit) oder offen ist (z.B. morgens zwischen sechs und neun, Verwendungsmehrdeutigkeit). Die Felder der Tabelle weisen die vier Kombinationsmöglichkeiten der Ein- und Mehrdeutigkeiten aus. Links oben erfassen wir den relativ unkomplizierten Fall der

⁵¹ Vgl. zu den Formen flexibler Arbeitszeiten die Ausführungen in Kap. 2.2.

⁵² Im Modell von MOONDRA (1976) ist die Arbeitszeitkategorie durch Ober- und Untergrenzen der Arbeitszeitdauer sowie durch Korridore für die Arbeitszeitlage determiniert; in den Modellen von GABALLA/PEARCE (1979) und AYKIN (1996) ist sie durch die Arbeitszeitdauer, -lage und Pausendauer belegt. Eine andere Differenzierungsmöglichkeit von Arbeitszeitkategorien ist z.B. die nach den Kosten der Arbeitsstunden (vgl. THOMPSON (1995)), sie ist für die hier betrachtete Problemstellung nicht zweckmäßig.

⁵³ Vgl. zu den Begriffen gegebener und offener Arbeitszeitdauern Kap. 2.2.1 und 4.2.1.

Bereitstellungs- und Verwendungseindeutigkeit, rechts oben und unten die durch die Existenz offener Arbeitszeitdauern verursachte Bereitstellungsmehrdeutigkeit sowie links und rechts unten die durch unterschiedliche Einsatzbeginnzeitpunkte verursachte Verwendungsmehrdeutigkeit (rechts unten ergibt sich die Kombination beider Mehrdeutigkeiten).

Abb. 1: Temporale Mehrdeutigkeiten aufgrund von differierenden Arbeitszeiten

Arbeitszeit- dauer Ar- beitszeitlage	GEGEBEN (Dauer mit eindeutiger Länge) \overline{AZ}	OFFEN (Dauer unterschiedlicher Länge) $\overline{AZ}_k \neq \overline{AZ}_k'$
GEGEBEN (nur 1 Beginnzeit- punkt möglich) $s' = 1$	Bereitstellungs- und Verwen- dungseindeutigkeit $s'=1$ ——— \overline{AZ}	BEREITSTELLUNGSmehrdeu- tigkeit (dauerbedingt) $s'=1$ ——— \overline{AZ}_1 \ \overline{AZ}_2
OFFEN (mehrere Beginn- zeitpunkte mög- lich) $s' = 1, 2, \dots, S'$	VERWENDUNGSmehrdeutig- keit (lagebedingt) $s'=1$ ——— \overline{AZ} $s'=2$ ——— \overline{AZ}	Bereitstellungs- und Verwen- dungsmehrdeutigkeit $s'=1$ ——— \overline{AZ}_1 $s'=2$ ——— \overline{AZ}_2

Aufgrund des von uns verfolgten Schwerpunktes der Abbildung flexibler Arbeitszeiten werden wir uns auf die Individualplanung mit explizitem Ausweis des Personaleinsatzes konzentrieren. Bei der Formulierung der Modelle betrachten wir Arbeitszeitkategorien, in der ausgewiesenen Modellösung werden wir - anders als in den uns bekannten Modellen der impliziten Modellierung - abschließend bestimmte Arbeitszeitmuster vorfinden.

1.3. Resultierende Problemstellung und Gang der Untersuchung

Ziel der Arbeit ist es, zu prüfen, wie flexibel Arbeitszeiten gestaltet werden können und welchen Einfluß diese Möglichkeiten auf die Einsatzplanung haben. Bzgl. der Grenzen der Arbeitszeitgestaltung konzentrieren wir uns implizit auf ihre ökonomische Vernünftigkeit, explizit auf ihre rechtliche Zulässigkeit. Wir analysieren ausgewählte gesetzliche, tarifliche und betriebliche Regelungen zur stunden- und tagesbezogenen Arbeitszeit und bilden diese sowohl für den Planungsbereich des shift- und days-off- als auch des tour-scheduling ab. Dabei wird der Planungsbereich des shift-scheduling vor allem durch die aufwendige Positionierung rechtlich erforderlicher, zulässiger Pausen geprägt; der Planungsbereich des days-off-scheduling wird von der Entscheidung über die Dauer und Lage zusammenhängender Freizeittage dominiert. Die Bearbeitung des Planungsbereichs tour-scheduling dient vor allem der Prüfung einer Vereinbarkeit

der Formulierungen der beiden Einzelbereiche. Alle drei Planungsbereiche werden zusätzlich um die Problemstellung der qualitativen Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeit ergänzt.

In Kapitel 2 bemühen wir uns um eine (möglichst) exakte Klärung der verwendeten Begriffe. Diesbezüglich setzen wir uns zunächst mit den Begriffen der Zeit und der Arbeitszeit auseinander, um dann aus der allgemeinen Definition von Flexibilität Kriterien flexibler Arbeitszeiten abzuleiten. Anhand dieser bestimmen wir theoretische Formen flexibler Arbeitszeiten und bringen sie mit vertraglich vereinbarten Arbeitszeitformen in Verbindung. Die allgemeinen Rahmenbedingungen der Arbeitszeitgestaltung thematisieren wir kurz, um uns dann in Kapitel 3 konkret auf die aus den arbeitszeitrechtlichen Regelungen resultierenden Abbildungserfordernisse zu konzentrieren. Dazu klären wir einleitend die Zielsetzungen und das Verhältnis der einzelnen Rechtsquellen zueinander, um dann - differenziert nach den bereits eingeführten Bereichen des shift-, days-off- und tour-scheduling - die gesetzlichen, rechtlichen und betrieblichen Regelungen zu den stundenbezogenen Arbeitszeiten für den Planungszeitraum Tag, zu den tagesbezogenen Arbeitszeiten für ein- und mehrwöchige Planungszeiträume und zu den stundenbezogenen Arbeitszeiten für ein- und mehrwöchige Planungszeiträume zu analysieren. Die Untergliederung dieser Punkte erfolgt uneinheitlich, da der Gesetzgeber sowie die Tarif- und Betriebspartner die ihnen zustehenden Regelungsbefugnisse in den einzelnen Bereichen unterschiedlich nutzen.

Den Kern der Arbeit bildet Kapitel 4. In einem einleitenden Kapitel präsentieren wir die Grundlagen der impliziten Modellierung und leiten Entscheidungsbäume für die allgemeine Formulierung von Ungleichungen zur Erfassung von Implikationen und Äquivalenzen ab. In drei weiteren Kapiteln folgen optimierende Planungsmodelle des shift-, days-off- und tour-scheduling. Mit dieser Betrachtungsreihenfolge vergrößern wir sukzessive den Planungszeit- und den Entscheidungsspielraum⁵⁴. Im shift-scheduling beginnen wir mit Modellen, die für die stundenbezogenen Arbeitszeiten eines Planungstages zunächst die Lage, im weiteren auch die Dauer der täglichen Arbeitszeit festlegen. Wir integrieren die Gewährung rechtlich zulässiger Lagen von in ihrer Dauer bestimmten Pausen. Im Bereich des days-off-scheduling erweitern wir den Planungszeitraum auf eine oder mehrere Woche(n) und planen tagesbezogene Arbeitszeiten. Dabei berücksichtigen wir bei der Bestimmung des Niveaus der Personalausstattung zunächst nur die Dauer der Arbeits- und Freizeittage. In den anschließenden Modellen restringieren wir auch die Lage der unterschiedlichen Freizeiten. Im Bereich des tour-

⁵⁴ Die Arbeit orientiert sich an der Dimension „Zeit“. Sollte anders z.B. die Fristigkeit der Planung [Fristigkeit i.S. von bereits entschiedenen oder noch zu entscheidenden Determinanten (vgl. bzgl. einer Anwendung auf die Personalplanung SPENGLER (1995), S. 9f.] im Zentrum der Arbeit stehen, wäre die Bearbeitungsreihenfolge Bestimmung der Personalausstattung, Bestimmung der Dauer und Lage der Arbeits-/Freizeittage (days-off-scheduling) sowie der Lage (und Dauer) stundenbezogener Arbeitszeiten zunächst für einzelne Tage (shift-scheduling), dann für mehrere Tage (tour-scheduling) eine zielgerichtete Vorgehensweise

scheduling verfeinern wir schließlich die innerhalb einer oder mehrerer Wochen zu planenden Perioden: wir entscheiden - unter Rückgriff auf die Ergebnisse der Modelle des days-off-scheduling - zunächst sukzessiv, später - unter Rückgriff auf die Formulierungen der Modelle des days-off-scheduling - simultan über die Lage (und Dauer) der täglichen Arbeitszeit sowie über die Dauer und Lage der Arbeits- und Freizeittage. Alle Modelltypen ergänzen wir um die Abbildungszusammenhänge der Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten.

Kapitel 5 beschließt die Arbeit mit einer Analyse der Anwendbarkeit und Problematik der gewählten Modellierungsart. Wir legen dort ein großes Gewicht auf die Problematik der Zielfunktion und gehen - ähnlich der Struktur des zweiten Kapitels - zunächst auf die Elemente der Zielfunktion, anschließend noch einmal auf die in Kapitel 4 vorgenommenen Formulierungen derselben ein. In zwei abschließenden Punkten thematisieren wir die aufgetretenen Lösbarkeitsprobleme der Modelle und wägen diese mit dem Flexibilitätsgewinn der impliziten Modellierung ab.

Die beschriebene Zugewandene zur gewählten Problemstellung erfolgt unter primär personalwirtschaftlichen, nicht unter methodischen Gesichtspunkten. Die resultierenden Modellformulierungen haben den Charakter der Entscheidungsunterstützung. Die am Ende der einzelnen Kapitel präsentierten Beispiele dienen allein der Plausibilitätsprüfung der Modellformulierung. Sie wurden mit am Markt erhältlichen Standardsolvern (LINDO, AIMMS) gelöst; eine Praxiskooperation lag nicht vor. Die gewählte Abbildungsmethode der alleinigen Vorgabe von Rahmengrößen (implizite Modellierung) dient der Wahrung der größtmöglichen Flexibilität. Sie wird allein durch die Festlegung der zeitlichen Länge der Planungsabschnitte begrenzt.

2. Elemente, Formen und Rahmenbedingungen flexibler Arbeitszeiten

2.1. Elemente flexibler Arbeitszeiten

2.1.1. Zeit und Arbeitszeit

In der uns bekannten betriebswirtschaftlichen Literatur¹ konnten wir keine umfassende Theorie über das Phänomen Zeit erkennen. Zumeist erfolgt eine Orientierung am mathematisch-physikalischen Zeitbegriff². Zeit wird dann als Bezugsgröße für Veränderungen, als Einflußgröße in Funktionsbereichen oder als Differenzierungskriterium von Planungsmodellen verstanden. Bei einer verhaltenswissenschaftlichen Orientierung der Betriebswirtschaft erfolgt der Rückgriff auf z.B. den biologischen³, psychischen⁴ oder soziologischen⁵ Zeitbegriff.

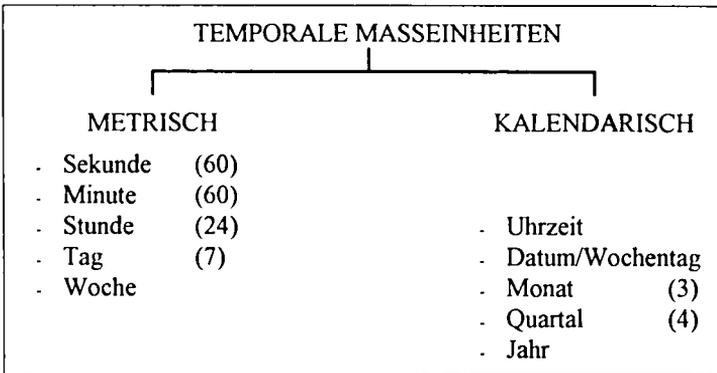
Orientieren wir uns am mathematisch-physikalischen Zeitbegriff, können wir Zeit nach ihrer Menge (Volumen, Umfang), ihrer Dauer (Chronometrie) und ihrer Lage (Chronologie) differenzieren. Mit der Zeitmenge beschreiben wir eine bestimmte Anzahl Zeit-

- ¹ Vgl. z.B. KERN (1969), S. 343 - 368, (1992), S. 41 - 58, (1993), Sp. 4773 - 4785, (1996), Sp. 2277 - 2288; KOCH (1973), S. 215 - 236; TERIET (1976), S. 1 - 9, ROBINSON (1988), S. 53 - 65, GAITANIDES (1989), S. 2258 - 2270, ZWICKER (1989), Sp. 2243 - 2249; BRAUN (1989), S. 2249 - 2257; TEICHMANN (1989), Sp. 2270 - 2277; SCHNEEWEIß (1989), S. 3 - 19, (1992), S. 95 - 100; ERGENZINGER (1993), S. 129 - 156 sowie den Tagungsband der 50. wissenschaftlichen Jahrestagung des Verbandes der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft e.V. von HAX/KERN/SCHRÖDER (Hrsg.) (1989). Kritisch BITZER (1991), S. 13 - 24; SCHULTE (1996), S. 1 - 105; NOSS (1997)
- ² Der mathematisch-physikalische Zeitbegriff beschreibt Zeit als „die Abfolge des Geschehens, die als Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft am Entstehen und Vergehen der Dinge erfahren wird“ (BROCKHAUS (1989), S. 289).
- ³ In der Biologie beschreibt die „biologische Uhr“ (Zeitgedächtnis) einen „rhythmisch ablaufenden physiologischen Mechanismus, der bei den Menschen, allen Pflanzen und Tieren vorhanden ist und nach dem die Stoffwechselprozesse, Wachstumsleistungen und Verhaltensweisen festgelegt werden“ (AHLHEIM (1983), S. 283.). Die resultierenden tages-, wochen-, jahres- und lebenszeitlichen Rhythmen werden in der Arbeitswissenschaft unter dem Begriff der „Circadianrhythmik“ als Determinante der menschlichen Leistungsfähigkeit, insb. im Bereich der Schichtarbeit, untersucht.
- ⁴ Der psychische Zeitbegriff beschreibt die Zeitwahrnehmung und -schätzung durch Personen. Das Forschungsinteresse gilt den Einflußfaktoren, der Art des zugrunde gelegten Prozesses sowie der Wirkung der Zeitwahrnehmung und -schätzung auf das Verhalten (vgl. DORSCH (1994), S. 885f.). Für personalwirtschaftliche Problemstellungen können solche Erkenntnisse - wie auch die der soziologischen Zeitperspektive - z.B. die Bedeutung der in der Planung zu berücksichtigenden Arbeitszeitwünsche verstehen helfen.
- ⁵ Die soziologische Perspektive der Zeit erfaßt die Einordnung von Ereignissen in einen übergreifenden Zusammenhang. Das Forschungsinteresse gilt der Relevanz von Zeitkonzeptionen für das aufeinander bezogene Handeln in sozialen Verbänden („Handlungsketten“). Vgl. LÜSCHER (1989), S. 835, ergänzend SCHULTE (1996), S. 26 - 37.

einheiten (z.B. 4 Stunden), ohne zu berücksichtigen, ob diese im Sinne eines Kontinuums aufeinander folgen (eindimensional) oder mehrdimensional innerhalb eines Zeitraums (von z.B. 2 Stunden) liegen. Folgen wir der Betrachtung von Zeit im Sinne eines Kontinuums, so erfassen wir die Dauer der Zeit (Chronometrie), ohne eine Aussage über deren Lage zu treffen. Geben wir zusätzlich die Beginn- und Endzeitpunkte der Zeiteinheiten an, so erfassen wir die Lage (Chronologie) der Chronometrie⁶. Unterscheiden wir im weiteren aktive und passive Zeiteinheiten (z.B. Arbeits- und Pausenzeiten), so können wir Aussagen über die innere Struktur der Zeit treffen (z.B. über die Dauer und Lage der Arbeits- und Pausenzeit).

Um Zeit in Entscheidungsmodellen abbilden zu können, müssen wir sie messen. Dazu zerlegen wir ihren kontinuierlichen Charakter in einen diskreten und folgen den teils gesetzlich festgelegten, teils genormten und nur eingeschränkt miteinander kompatiblen Skalen der „metrischen“ und „kalendarischen“ Messung der Zeit (vgl. Abbildung 2)⁷.

Abb. 2: *Skalen temporaler Maßeinheiten*



Die metrische Skala erfaßt allein die Chronometrie der Zeit. Zwischen den Maßeinheiten (Sekunde, Minute, Stunde, Tag und Woche) bestehen eindeutige Beziehungen unterschiedlicher Größe (z.B. ergeben 60 Sekunden eine Minute, eine Minute beginnt

⁶ Durch Angabe eines definierten Beginn- und Endzeitpunktes ist immer auch die Zeitdauer festgelegt. Denkbar ist zugleich eine teilbestimmte Lage der Zeit, wenn nur der Beginn- oder Endzeitpunkt, nur ein Raum aus frühestem Beginn und spätestem Ende oder eine Reihenfolgebedingung angegeben ist. Dann ist keine Aussage über die Zeitdauer getroffen.

⁷ Vgl. das Gesetz zur Zeitbestimmung vom 25. Juli 1978; das Gesetz über Einheiten im Meßwesen vom 2. Juli 1969 sowie DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (1975) Zum Verhältnis der beiden Skalen bemerkt LÜSCHER (1989), S. 835 die Dominanz eines ausgesprochen traditionalistisch geprägten Kalenders über eine hoch differenzierte, rationalisierte, an der Beobachtung von Atomschwingungen geeichten Uhrzeit. Für die Abbildung gilt, daß sich beide Skalen mit dem Vielfachen der letzten Einheit fortsetzen lassen.

immer mit der ersten Sekunde, 24 Stunden ergeben einen Tag, ein Tag beginnt immer mit der ersten Stunde). Die kalendarische Skala erfaßt stets die Chronologie, teils auch die Chronometrie der Zeit. Die Maßeinheit Uhrzeit beschreibt die Lage eines Zeitpunktes innerhalb eines Tages. Das Datum oder der Wochentag beschreibt die Lage eines Tages innerhalb eines Monats oder einer Woche. Chronometrisch markiert der Monat einen 28 - 31tägigen Zeitraum innerhalb eines Jahres, das Quartal drei Monate, das Jahr vier Quartale. Die Fortführung der metrischen Maßeinheit Woche mit den kalendarischen Maßeinheiten Monat, Quartal und Jahr ermöglicht einen ordinal, nicht aber einen metrisch eindeutigen Zusammenhang⁸. Dies führt bei der Personaleinsatzplanung zu Komplikationen, wenn Ausgleichszeiträume flexibler Arbeitszeiten betrachtet werden sollen. Wir umgehen diese Probleme, indem wir in den Ausführungen des shift-scheduling die metrischen Größen „halbstündige Abschnitte pro Tag“⁹ und im days-off-scheduling die metrische (kalendarische) Größe (Wochen)tag verfolgen. Die Problematik von Ausgleichszeiträumen wird nur am Rande erfaßt.

Zeit besitzt keine Gutseigenschaft¹⁰. Wollen wir sie dennoch als Handlungsdimension im Leistungsprozeß abbilden, müssen wir sie an einen der produktionstheoretischen Potentialfaktoren¹¹ koppeln. Wir konzentrieren uns auf den Potentialfaktor Arbeitskraft und differenzieren deren Arbeitszeit in die aufgabenorientierte Arbeitszeit, die personenorientierte Arbeitszeit i.S.v. Aufgabenerfüllung, die personenorientierte Arbeitszeit i.S.v. Verfügbarkeit und ergänzen sie um die betriebsorientierte Arbeitszeit (Betriebszeit). Dabei beschreibt die aufgabenorientierte Arbeitszeit die sachlich benötigte Zeitmenge zur Bewältigung einer definierten (Teil-)Aufgabe¹². Sie ist eine der Primärdeterminanten des Personalbedarfs¹³. Wir wollen sie nicht weiter thematisieren. Die personenorientierte Arbeitszeit i.S.v. Aufgabenerfüllung erfaßt die individuell be-

-
- ⁸ Die Ordinalskalierung dient der „Markierung der Position von Elementen bzgl. einer gemeinsamen Eigenschaft ... Die Ausprägungen der betreffenden Eigenschaft können sinnvoll geordnet werden.“ HUIJER/CREMER (1978), S. 21. Dementsprechend ist ein Monat größer als eine Woche, aber nicht eindeutig ein Vielfaches der Woche, Wochen- und Monatsbeginn müssen nicht miteinander übereinstimmen.
- ⁹ In den ausgewiesenen Beispielen belegen wir ergänzen den Beginn der halbstündigen Planungsperioden mit der kalendarischen Einheit Uhrzeit.
- ¹⁰ Sie ist weder erwerbbar noch reproduzierbar, herstellbar oder in ihrem Verbrauch beeinflussbar (aufhaltbar). Vgl. KERN (1992), S. 43.
- ¹¹ Vgl. zu diesen z.B. WITTMANN (1982), S. 92 - 132; GUTENBERG (1983), S. 2 - 5; FANDEL (1994), S. 33f. Ein dem hier gewähltes Vorgehen ähnliches Vorgehen finden wir bei HILKE (1979), Sp. 2281- 2286; WÄSCHER (1996), Sp. 2288 - 2293.
- ¹² Vgl. HAMEL (1992), Sp. 442. Chronometrisch wird hier z.B. die Dauer von Ausführungs- und Rüstzeiten, chronologisch deren Reihenfolge erfaßt.
- ¹³ Die aufgabenorientierte Arbeitszeit pro Arbeitseinheit ist der Arbeitskoeffizient. Vgl. zur Bedeutung dieser standardisierten Größe in der Personalbedarfsermittlung die Ausführungen in Kap. 1.1.1. Fußnote 18.

nötigte Zeitmenge zur Bewältigung definierter (Teil-)Aufgaben¹⁴. Sie kann, abhängig von der Eignung der betrachteten Arbeitskraft sowie der Tageszeit, chronometrisch von der aufgabenorientierten Arbeitszeit abweichen. Wir können sie auf der Personalbereitstellungsseite mit Hilfe von Leistungskoeffizienten erfassen. Die personenorientierte Arbeitszeit i.S.v. Verfügbarkeit umschreibt die Zeitmenge, in der ein Individuum zur Aufgabenerfüllung bereit steht¹⁵ (zeitlich bestimmte Arbeitsverfügbarkeit). Sie umfaßt die Zeitdauer, die eine Arbeitskraft dem Betrieb zur Aufgabenerfüllung zur Verfügung stellt - unabhängig davon, ob die Arbeitskraft für diese Zeitdauer tatsächlich arbeitet¹⁶ - und die Lage der Arbeitszeit, während derer eine Arbeitskraft zu arbeiten bereit ist. Sie bildet die Basis der in Kapitel 2.2 diskutierten Formen flexibler Arbeitszeiten. Die betriebsorientierte Arbeitszeit (Betriebszeit) beschreibt die Zeitmenge, in der die gesamte unternehmerische Aufgabenerfüllung liegt¹⁷. Chronometrisch ist sie die Zeitdauer, innerhalb derer alle Aufgaben erledigt werden müssen (z.B. 4-Wochen-Erntezeit), chronologisch deren Lage (z.B. Ernte im Oktober (saisonal), Betriebszeit aus der Ladenöffnungszeit und der Dauer und Lage der Vor- und Nacharbeiten). Sie begrenzt die Flexibilisierungsmöglichkeiten der personenorientierten Arbeitszeit i.S.v. Verfügbarkeit und spielt wie diese eine bedeutende Rolle in den zu formulierenden Planungsmodellen.

2.1.2. Flexibilität und Kriterien flexibler Arbeitszeiten

Flexibilität wollen wir als das Vorhandensein von Freiheitsgraden im Entscheidungsfeld¹⁸ begreifen. Sie sei determiniert durch die Menge der Handlungsmöglichkeiten, die zur Anpassung an eine (unvorhergesehene) Veränderung zur Verfügung steht, durch die benötigte Zeit(dauer) der Anpassung, die Zielrichtung der Maßnahmen und die Handlungsbereitschaft/-fähigkeit der Akteure. Dieses Verständnis läßt sich stützen

¹⁴ Vgl. HAMEL (1992), Sp. 444; DRUMM (1995), S. 128.

¹⁵ Vgl. HAMEL (1992), Sp. 444

¹⁶ Damit werden Zeiten der Personalüberausstattung zur Arbeitszeit gezahlt, nicht aber die gesetzlich zu gewährenden Pausenzeiten. Vgl. zu diesem Verständnis von Arbeitszeit unterstützend HOFF (1983), S. 14; BABL (1988), S. 26, mit den dort angegebenen Verweisen zur Rechtsprechung; RADEMACHER (1990), S. 7 sowie die Definition der Arbeitszeit in §2 (1) 1. Halbsatz ArbZG Anders TERIET (1976), S. 10, welcher unter dem Begriff der Arbeitszeit sowohl die reine Tätigkeitszeit als auch die Anwesenheitszeit am Arbeitsort oder die gesamte arbeitsgebundene Zeit (Tätigkeits-, Pausen-, Weiterbildungs- und Wegezeit) faßt; ähnlich HÜPEN (1994), S. 6.

¹⁷ Vgl. HÜPEN (1994), S. 13; ähnlich BELLGARDT (1990), S. 88.

¹⁸ Vgl. ähnlich SCHLUCHTERMANN (1996), S. 94; bzgl. weiterer Definitionen z.B. MEFFERT (1969), S. 784; HAX/LAUX (1972), S. 322; JACOB (1974), S. 322f., (1990), S. 16 - 19; HAMEL (1985), S. 296 Bzgl. einer (historischen) Aufbereitung VOLBERG (1981), S. 30 - 51; ERGENZINGER (1993), S. 161 - 167; KALUZA (1993), Sp. 1173 - 1180; SCHNEEWEIß (1995), Sp. 489 - 494.

mit der von Meffert¹⁹ vorgenommenen Unterteilung von (Handlungs)flexibilität in Aktionsflexibilität - sie beschreibt die Menge der Handlungsmöglichkeiten - Prozeßflexibilität - sie beschreibt die Handlungsschnelligkeit im Bereich der Planung und Entscheidungsumsetzung (Reagibilität) - sowie Strukturflexibilität, welche die Handlungsbereitschaft im Bereich der Organisation, des Personals und der Führungssysteme erfaßt. Gleichfalls können wir die von Schneeweiß²⁰ differenzierten Flexibilitätseigenschaften Aktionsvolumen, Reagibilität, Zielgerichtetheit und die später hinzugefügte, uneinheitlich definierte²¹ Disponibilität in diesem Ansatz erkennen.

Übertragen wir dieses Flexibilitätsverständnis auf die Gestaltung der personenorientierten Arbeitszeit i.S.v. Verfügbarkeit, gelangen wir zu vier Kriterien flexibler Arbeitszeiten. Wir erkennen zunächst, daß die Menge der Handlungsmöglichkeiten (Aktionsvolumen) den in ihrer Chronometrie und Chronologie unterschiedlich bestimmten Arbeitszeiten entspricht. Mit Handlungsschnelligkeit (Reagibilität) können wir erfassen, wann über die Ausgestaltung der Arbeitszeitformen entschieden wird und für welchen Zeitraum sie gültig sind. Dadurch ist festgelegt, wie schnell Änderungen vorgenommen werden können. Die unterstellte Handlungsbereitschaft setzt eine Festlegung des Entscheidungsträgers voraus und thematisiert, daß dieser zur Entscheidung willig und fähig ist. Die Zielgerichtetheit beschreibt, welche Interessen verfolgt werden²². Zusammengefaßt ergeben sich folgende vier Differenzierungskriterien (flexibler)²³ Arbeitszeiten:

1. Entscheidungsobjekt: Dieses umfaßt die Dauer und Lage der Arbeitszeit innerhalb eines Bezugszeitraums (z.B. acht Stunden pro Tag, ab 8.00 Uhr, die ersten vier Tage der Woche; wir erkennen die Elemente der Aktionsflexibilität).
2. Entscheidungszeit: Diese beschreibt, wann über die Objekte entschieden wird (prä-situativ oder situativ) und wie lange die Entscheidung gültig ist²⁴ (z.B. vertragliche Festlegung eines Arbeitszeitrahmens von 30 Stunden pro Woche, wöchentliche

¹⁹ Vgl. MEFFERT (1985), S. 124 - 133.

²⁰ Vgl. SCHNEEWEIß/KÜHN (1990), 379 - 382; SCHNEEWEIß (1992), S. 141 - 148, (1995), Sp. 492. Die genannten Eigenschaften stellen die internen Systemkomponenten der Flexibilität nach Schneeweiß dar.

²¹ SCHNEEWEIß/WILD (1992), S. 66f.; WILD (1995), S. 31 - 38; SCHNEEWEIß/WILD (1996), S. 872 - 875.

²² Vgl. bzgl. einer ähnlichen Zuehensweise SCHNEEWEIß/WILD (1992), S. 66f. Statt Handlungsbereitschaft der Akteure sprechen sie von Disponibilität als Einfluß des Arbeitgebers auf die Planung der Arbeitszeitmaßnahmen. Ähnlich WILD (1995), S. 29 - 38. Implizit auch BABL (1988), S. 31 - 34.

²³ Die Ausprägung der Kriterien kann dazu führen, daß die Arbeitszeiten als starr anzusehen sind. Daher erfolgt die Klammerung des Wortes „flexibler“.

²⁴ Vgl. ähnlich WILD (1995), S. 31. Er spricht hier von Reagibilität und belegt diese mit der Ankündigungsfrist und einem Fixierzeitraum, als denjenigen „Zeitraum, innerhalb dessen einmal angekündigte Arbeitszeitmaßnahmen nicht mehr geändert werden können“.

Entscheidung über die Dauer und Lage der täglichen Arbeitszeit; Prozeßflexibilität).

3. Entscheidungsträger: Wir erfassen, wer (in welchem Umfang) über die Objekte entscheidet (Arbeitgeber, Arbeitnehmer bzw. deren kollektive Vertreter; bekannt auch als Fremd-, Mit- und Selbstbestimmung; Strukturflexibilität).
4. Entscheidungsinteressen: Diese drücken aus, wessen bzw. welche Interessen bei der Entscheidung im Vordergrund stehen (z.B. monetäre oder nicht-monetäre Arbeitgeber-, Arbeitnehmer- oder Gesellschaftsinteressen²⁵; Zielgerichtetheit).

Diese aus dem allgemeinen Flexibilitätsbegriff abgeleiteten Kriterien flexibler Arbeitszeiten sind mit den in der arbeitszeitspezifischen Literatur vorzufindenden, meist weniger systematischen Differenzierungskriterien starrer und flexibler Arbeitszeiten kompatibel. Wir demonstrieren dies anhand der Ansätze von Teriet, Bellgardt und Schul/Schultes-Jaskolla/Stitzel²⁶. Teriet²⁷ beschreibt starre Arbeitszeiten anhand der Prinzipien Uniformität, Gleichzeitigkeit, Fremdbestimmtheit/Zentralisierung der Entscheidungskompetenz und Ritualisierung/Tabuisierung von Veränderungsmöglichkeiten. Übertragen auf die abgeleiteten Differenzierungskriterien flexibler Arbeitszeiten thematisiert er mit den Prinzipien der Uniformität und Gleichzeitigkeit - unter diesen versteht er die „Einheitlichkeit und Gleichförmigkeit ... der allgemeinverbindlichen Arbeitszeitordnung“²⁸ sowie die Tatsache, daß „alle betroffenen Personen möglichst ... in einen gleichzeitigen Funktionszusammenhang gestellt werden“²⁹ - das Entscheidungsobjekt. Mit der Fremdbestimmtheit werden der Entscheidungsträger und implizit die Entscheidungsinteressen tangiert. Mit der Ritualisierung von Veränderungsmöglichkeiten - Teriet meint damit, daß den Veränderungen von Arbeitszeiten häufig langwierige Verhandlungen voraus laufen³⁰ - erfaßt er die Entscheidungszeit. Bellgardt³¹ betrachtet Konstruktionsmerkmale flexibler Arbeitszeitmodelle. Er unterscheidet die inhaltlichen Flexibilisierungsansätze Chronometrie und Chronologie der Arbeitszeit sowie die formalen Flexibilisierungsansätze Bezugszeitraum, Differenzierungs-, Variierungs- und Individualisierungsgrad. In den inhaltlichen Merkmalen (Dauer und Lage der Arbeits-

²⁵ Wir denken hier z.B. mit WUNDERLI (1979), S. 81 an verkehrstechnische Probleme oder an die Gleichberechtigung der Frau im Arbeitsleben. Vgl. auch JÜCHSER (1972), S. 320 - 322 sowie die Ausführungen zu den sozio-kulturellen Rahmenbedingungen in Kap. 2.3.2.

²⁶ Wir wählen diese Ansätze, weil sie historisch bedeutsam und/oder besonders ausführlich sind. Letztendlich sind aber alle uns bekannten, eher knappen Ausführungen zu den Komponenten flexibler Arbeitszeiten mit den aus dem Flexibilitätsbegriff abgeleiteten Kriterien kompatibel.

²⁷ Vgl. TERIET (1978), S. 112 - 118, (1983), S. 76f.

²⁸ TERIET (1978), S. 112.

²⁹ TERIET (1978), S. 112

³⁰ Zu denken ist hier z.B. an die Entstehung von in Tarifverträgen und Betriebsvereinbarungen festgelegten Arbeitszeitregelungen

³¹ Vgl. BELLGARDT (1990), S. 85 - 104.

zeit) und den nicht ganz widerspruchsfreien Ausführungen Bellgardts zum Bezugszeitraum³² erkennen wir das Entscheidungsobjekt. Den Differenzierungsgrad als „Auf-fächerung der Arbeitszeitregelungen ... für Arbeitnehmer(-gruppen) und/oder Betriebs-teile“³³ erkennen wir als ein nicht die Zeit tangierendes Kriterium und vernachlässigen es. Der Variierungsgrad als „Reaktionsfähigkeit der Arbeitszeitregelungen ... auf Än-derungen in der betrieblichen Sphäre“³⁴ entspricht dem Kriterium der Entscheidungszeit. Der Individualisierungsgrad als „Ausmaß persönlicher Auswahlbandbreiten ... für den Einzel-Arbeitnehmer“³⁵ tangiert die Fragen nach Entscheidungsträger und -interessen. Schuh/Schultes-Jaskolla/Stitzel betrachten sehr ausführlich die Entscheidungsobjekte Chronometrie und Chronologie der Arbeitszeit und ergänzen später den Dispositionsspielraum als dritte Beschreibungskategorie von Arbeitszeitmodellen³⁶. Umfaßt dieser mehr als eine einmalige Anpassung (Kriterium der Entscheidungszeit), definieren sie die zugrundeliegenden Modelle als flexible Arbeitszeiten³⁷ und thematisieren die Verteilung des Dispositionsspielraums auf den Arbeitgeber bzw. die Mitarbeiter (Kriterium des Entscheidungsträgers und der Entscheidungsinteressen). Interdisziplinär können wir auch in der folgenden (juristischen) Definition flexibler Arbeitszeiten die betriebswirtschaftlichen Flexibilitätskriterien erkennen³⁸: „Von flexibler Arbeitszeit kann man nur dann sprechen, wenn die Arbeitszeit hinsichtlich der Dauer respektive der zeitlichen Lage [Entscheidungsobjekt] permanent zur Veränderung bestimmt ist [Entscheidungszeit], so daß es zur Abänderung der Arbeitszeit eines eigenständigen Rechtsgrundes [verursacht durch die Entscheidungsträger incl. deren -interessen] nicht bedarf.“³⁹

³² Vgl. BELLGARDT (1990), S. 91f. Er definiert den Bezugszeitraum zum einen als „Zeitraumen, innerhalb dessen die Arbeitseinsätze variabel plziert ... und positioniert werden können“ - wir denken z.B. an die Arbeitszeit pro Woche, zum anderen als „Länge des Zeitraums, für den zusammenhängende Personaleinsatzplanung betrieben werden kann“ - wir denken an die Reagibilität. Vgl. bzgl. der begrifflichen Unschärfe seine Anmerkung auf S. 90.

³³ BELLGARDT (1990), S. 91, erläutert auf S. 92f.

³⁴ BELLGARDT (1990), S. 91.

³⁵ BELLGARDT (1990), S. 91, 94. Bellgardt thematisiert unter diesem Begriff zugleich die Entscheidungsinteressen: „Der Individualisierungsgrad entscheidet über die Möglichkeit zur Verwirklichung individueller Zeitpräferenzen der Mitarbeiter.“

³⁶ Vgl. SCHUH/SCHULTES-JASKOLLA/STITZEL (1993), S. 139 - 141.

³⁷ Andernfalls sprechen sie von „starrer Arbeitszeitvariation“, sofern die Arbeitszeit von der Normal-Arbeitszeit abweicht. Vgl. SCHUH/SCHULTES-JASKOLLA/STITZEL (1993), S. 140. Vgl. zum Begriff der Normal-Arbeitszeit ergänzend Kap. 2.3.2, Fußnote 94.

³⁸ Die Zuordnung der Kriterien haben wir durch eckige Klammern „ [] “ kenntlich gemacht.

³⁹ LINNENKOHL u.a. (1990), S. 15. Im Umkehrschluß liegt „ein geschlossenes (starres) Arbeitszeitsystem vor“, wenn „ein Arbeitszeitsystem so gestaltet [ist], daß es ohne vorherige Kundigung nicht mehr abwandelbar ist“ LINNENKOHL (1985), S. 192f, (1995), S. 35.

2.2. Formen flexibler Arbeitszeiten

2.2.1. Theoretisch abgeleitete Formen flexibler Arbeitszeiten

Aus den Differenzierungskriterien flexibler Arbeitszeiten können wir folgende, in den Planungsmodellen abgebildete, theoretische Formen flexibler Arbeitszeiten ableiten. Differenziert nach dem Bezugszeitraum erfassen wir die Entscheidungsobjekte Chronometrie und Chronologie der Stunden pro Tag (stundenbezogene Arbeitszeiten pro Tag), die Entscheidungsobjekte Chronometrie und Chronologie der Tage pro Woche (tagesbezogene Arbeitszeiten für ein- und mehrwöchige Planungszeiträume) sowie die Entscheidungsobjekte Chronometrie und Chronologie der Stunden pro Woche (stundenbezogene Arbeitszeiten für ein- und mehrwöchige Planungszeiträume). Anhand des Kriteriums Entscheidungszeit bestimmen wir, welche Arbeitszeitelemente zum Zeitpunkt der Entscheidung als gegebene, welche als variable Größen anzusehen sind. Dies führt in der durch den Bezugszeitraum Tag bestimmten Entscheidungssituation bei zumindest flexibler Lage der Arbeitszeit zu Arbeitszeitformen mit gegebenen oder offenen Arbeitszeitdauern pro Tag⁴⁰. In der durch den Bezugszeitraum Woche bestimmten Entscheidungssituation führt dies zu Arbeitszeitformen mit zu bestimmender Lage (und Dauer) der Arbeits- und Freizeittage pro Woche(n)⁴¹; während bei einer Zusammenführung der beiden Bezugszeiträume jede Kombination gegebener oder offener Arbeitszeitdauern mit einer gegebenen oder offenen Struktur der Arbeits- und Freizeittage zu einer eigenständigen Arbeitszeitform führen kann⁴². Bzgl. der genannten Entscheidungsträger konzentrieren wir uns - trotz der Mitbestimmungsrechte des Betriebsrates - auf den Arbeitgeber⁴³. Folglich berücksichtigen wir bei der Bestimmung von Niveau und Struktur der Personalausstattung allein die monetären Arbeitgeberinteressen der Kostenminimierung. In den auf den Ergebnissen dieser Modelle aufbauenden Modellen der reinen Personaleinsatzplanung erfolgt primär eine Berücksichtigung nicht-monetärer Arbeitnehmerinteressen⁴⁴. Dies führt dazu, daß die in den Modellen des vierten Kapitels abgebildeten Arbeitszeitformen der unterschiedlichen Bezugszeiträume primär anhand des verbleibenden Entscheidungsspielraums differenziert sind.

⁴⁰ Gegebene Arbeitszeitdauern können zwischen den Tagen konstant sein oder schwanken; bei offenen Arbeitszeitdauern gilt es, ein vorab vereinbartes Arbeitszeitvolumen innerhalb eines zumindest mehrere Tage umfassenden Zeitraums zu positionieren. Vgl. ergänzend die einleitenden Ausführungen zu Kap. 4.2. in Punkt 4 2 1.

⁴¹ Vgl. bzgl. deren Variationsmöglichkeiten die einleitenden Ausführungen zu Kap. 4.3. in 4.3.1.2.

⁴² Vgl. auch Kap. 4 4.1.

⁴³ Ungeachtet der Konzentration auf diesen Entscheidungsträger ist stets der Einfluß aller weiteren potentiellen Entscheider zu berücksichtigen. Vgl. bzgl. der Mitbestimmungsrechte des Betriebsrates vor allem §87 (1) BetrVG. Eine Berücksichtigung dieser Mitbestimmungsrechte sollte - aus Akzeptanzgründen - bereits während der Modellierungsphase erfolgen. Vgl. bzgl. (der Ursachen) von Akzeptanzproblemen z.B. DRUMM/SCHOLZ/POLZER (1980), S. 721 - 740; KLEINHENZ (1992) S. 113 - 116

⁴⁴ Vgl. dazu die ausführlichen Ausführungen in Kap. 5.1.

Sie sind mitbestimmte Arbeitszeitformen, soweit aus der Menge der jeweils zulässigen Modellösungen jene Einsatzpläne ausgewählt werden, die hinsichtlich der Arbeitnehmerpräferenzen optimal sind. Es lassen sich die im folgenden Kapitel aufgezeigten Parallelen zu gängigen, vertraglich vereinbarten Arbeitszeitformen aufzeigen.

2.2.2. Vertraglich vereinbarte Formen flexibler Arbeitszeiten

Die Zahl vertraglich vereinbarter Formen flexibler Arbeitszeiten ist nahezu unermesslich und fast jeder neuen Variante einer bereits bestehenden Form wird ein neuer Namen zugewiesen⁴⁵. Entsprechend vielfältig sind zugleich die Versuche einer Systematisierung derselben, so daß wir nur auf eine kleine Auswahl vertraglich vereinbarter Arbeitszeitformen eingehen, diese charakterisieren und Parallelen zu den theoretisch abgeleiteten Arbeitszeitformen ziehen wollen. Wir folgen dabei einer groben Differenzierung in „primär lageflexible“ und „primär mengenflexible“ Arbeitszeitformen⁴⁶. Unter ersteren erfassen wir alle - (eingeschränkt) selbstbestimmten - Formen der Tages-/Wochen-/Monats-/Jahres- und Mehrjahresgleitzeit sowie alle „Vollzeitarbeitsformen“ mit - fremdbestimmter - flexibler Lage (Schichtarbeit). Unter der zweiten Gruppe subsumieren wir alle Formen der Teilzeitarbeit mit und ohne funktionaler Arbeitsteilung (z.B. Bandbreitenmodelle, Baukastensysteme, Kapovaz und Job-Sharing); auch sie sind häufig in ihrer Lage flexibel. Formen der Jahresarbeitszeit⁴⁷ zählen wir - ohne separate Betrachtung - zu den „primär lageflexiblen“ Arbeitszeitformen. Formen der gleitenden und flexiblen Pensionierung⁴⁸ wollen wir weder in der Systematisierung noch in den weiteren Ausführungen berücksichtigen.

⁴⁵ Wir denken konkret z.B. an die bei IBM praktizierten „Dispositive Arbeitszeiten“, die sich inhaltlich als eine Form von Gleitzeitarbeit präsentieren. Vgl. IBM INFORMATIONSSYSTEME GMBH/DAG (1996a), §4. Vgl. allgemeiner die Ausführungen von BÖCKLE (1979), S. 30 - 33; RISSE (1984), S. 6; DRÄGER (1986), S. 21.

⁴⁶ Der Zusatz primär bezieht sich auf die historische Entwicklung der betrachteten Arbeitszeitformen. Er führt zu einer - u.E. unvermeidbar - unscharfen Systematisierung, verträgt sich aber mit dem verbreiteten - u.E. noch unschärferen - Differenzierungsansatz von Arbeitszeitformen nach einer Flexibilisierung der Chronometrie, der Chronologie oder beider Dimensionen. Vgl. z.B. KREIKEBAUM/HERBERT (1988), S. 100, nahezu identisch OECHSLER (1997), S. 200, ähnlich WILDEMANN (1990), S. 102, (1992), S. 125. Vgl. bzgl. anderer Differenzierungsansätze z.B. BEYER (1986), S. 3, 7; RADEMACHER (1990), S. 20; LINNENKOHL u.a. (1993), S. 19; SCHUH/SCHULTES-JASKOLLA/STITZEL (1993), S. 141; LINNENKOHL (1995), S. 35; HENTZE (1995), S. 233; BRÖCKERMANN (1997), S. 144.

⁴⁷ Vgl. zu deren Ausprägungsmerkmalen z.B. MAY/MOHR (1985), S. 40; BEYER (1986), S. 79f.; HOLENWERGER (1993), S. 419 - 450. Bzgl. Praxisbeispielen z.B. SCHUSSER (1986), S. 312 - 315; REH (1992), S. 11; BAILLOD u.a. (1997), S. 91 - 102. In der Personalplanung unter Vernachlässigung unterschiedlicher Qualifikationen berücksichtigt von GÜNTHER/SCHNEEWEIß (1988); GÜNTHER (1989), S. 103 - 146; FAIBT/GÜNTHER/SCHNEEWEIß (1991).

⁴⁸ Vgl. zu deren Ausprägungsmerkmalen z.B. KOHLÖFFEL (1988), S. 55 - 58; DETERS/

Kennzeichnende Kriterien⁴⁹ der (eingeschränkt) selbstbestimmten Arbeitszeitform „Gleitende Arbeitszeiten“ sind das Vorhandensein von Gleitspannen, einer Kern- oder Kommunikationszeit und Zeitübertragungsmöglichkeiten. Gleitspannen umfassen den Zeitraum, innerhalb dessen der Arbeitnehmer Arbeitsbeginn und -ende (frei) wählen kann. Die Kern- oder Kommunikationszeit beschreibt den Zeitraum, innerhalb dessen alle oder zumindest einzelne Personen einer Gruppe anwesend/ansprechbar sein müssen. Zeitübertragungsmöglichkeiten legen die Höhe übertragbarer Zeitguthaben und -schulden sowie den Zeitraum und die Modalitäten für einen Zeitausgleich fest. Die historisch älteste Form gleitender Arbeitszeiten ist durch das Vorliegen von Gleitspannen und Kernzeiten für stundenbezogene Arbeitszeitformen des Bezugszeitraumes Tag gekennzeichnet („einfache Gleitzeitarbeit“); bei konstanter Arbeitszeitdauer liegt allein eine Flexibilisierung der chronologischen Dimension vor. Kann zusätzlich die Arbeitszeitdauer an den einzelnen Arbeitstagen variieren - es können Zeitguthaben und -schulden entstehen - so liegt eine (lage- und dauerflexible) „qualifizierte Gleitzeitregelung“ vor⁵⁰. Eine Erweiterung des zunächst nur auf eine Woche bezogenen Ausgleichszeitraums auf Monate und vor allem Jahre ermöglicht vielfach variierbare und praktizierte Formen von „Zeitsparmodellen“⁵¹. Sie unterscheiden sich vor allem durch die Höhe

STAEHLE/STIRN (1989); HÜTTNER (1993), S. 279 - 306; BUNDESVEREINIGUNG DER DEUTSCHEN ARBEITGEBERVERBÄNDE (1996); KERSCHBAUMER/TIEFENBACHER (1998).

- ⁴⁹ Vgl. z. B. MAY/MOHR (1985), S. 27; BEYER (1986), S. 75f., 107; KREIKEBAUM/HERBERT (1988), S. 102f.; DRUMM (1995), S. 135f.; ERGENZINGER (1993), S. 292 - 294; HENTZE (1995), S. 234f.
- ⁵⁰ Vgl. bzgl. einer historischen Aufbereitung der Gleitzeitarbeit z. B. BRENDLE (1990), S. 121; bzgl. einer recht gelungenen Darstellung derselben SCHANZ (1993), S. 352 - 357 sowie DRÄGER (1986), S. 21 - 33; KOHLÖFFEL (1988), S. 51 - 54; BAILLOD (1993), S. 171 - 184; Kritisch: SMENTEK (1991), S. 118 - 133 (mit einer ausführlichen Verarbeitung empirischen Datenmaterials; dazu auch BAUER/GROß/SCHILLING (1994), S. 97 - 111); bzgl. ihrer erstmaligen Einführung in Deutschland (Ottobrunner Modell der Bolkow GmbH 1967) sowie einer ausführlichen Analyse unterschiedlicher Gleitzeitformen HILLERT (1971), S. 36 - 84; bzgl. neuerer Praxisbeispiele LINNENKOHLE u. a. (1993), S. 91f. („einfache Gleitzeitarbeit“) S. 101 - 115 („qualifizierte Gleitzeitarbeit“); bzgl. neuerer Entwicklungen z. B. der Auflösung der Kernarbeitszeit RITTER (1997), S. 13 - 17 (Wella AG); BUSE/HEMPEL (1998), S. 52f. (Continental AG); bzgl. des Wegfalls der Zeiterfassung (sog. Vertrauensarbeitszeit) BAILLOD u. a. (1997), S. 161 - 170 (Hewlett-Packard, Urdorf).
- ⁵¹ Vgl. z. B. MARR (1989), S. 317 - 319, 321 - 326 (er sieht die Zeitsparidee als „die konsequente Weiterführung der aus dem Konzept der gleitenden Arbeitszeit bekannten Übertragungsmöglichkeiten von Zeitguthaben“ S. 317); MUHR (1996), S. 3 - 6; KLENNER (1997), S. 255 - 259. Bzgl. Praxisbeispielen HARTWIG (1995), S. 134f. (Gleitzeitparbuch der Firma Weidmüller); FIEDLER-WINTER (1995), S. 135 - 142 (Langfristspeicher der Firma Drägerwerk AG; dazu auch ALT (1993), S. 453 - 458), S. 166 - 172 (Arbeitszeitmodell bei Hewlett Packard, dazu auch: NEUFFER (1991), S. 736 - 744; ERGENZINGER (1993), S. 364 - 367; SCHULLER (1993), S. 255 - 263; PFANDER (1995), S. 173 - 182); METTLER-TOLEDO GMBH (1995), Betriebsvereinbarung „Flexible Arbeitszeitgestaltung“ (Jahresgleitzeit); HERAEUS HOLDING

und zeitliche Begrenzung der übertragbaren Zeitguthaben(-schulden), durch die Modalitäten ihres Ausgleichs, sowie durch die Ausgestaltung der Entscheidungsbefugnisse (wer Entscheidungsträger ist und wessen Interessen verfolgt werden). Mit dem Arbeitnehmer als primären Entscheidungsträger wollen wir „Gleitzeitarbeits“-Formen nicht in den in dieser Arbeit formulierten Modellen erfassen.

Kennzeichnendes Kriterium der Schichtarbeit ist die - fremdbestimmte - „Lage (Chronologie) der Arbeitszeit, die von der normalen tageszeitlichen ... Arbeitszeitlage abweicht.“⁵² Bezogen auf eine Vollzeitbeschäftigte werden die resultierenden Schichtsysteme vor allem danach unterschieden, ob sie Nachtarbeit (stundenbezogene Arbeitszeit pro Tag) und Wochenend-/Feiertagsarbeit (tagesbezogene Arbeitszeit pro Woche) einschließen. Allgemein⁵³ haben sich folgende Begriffe etabliert: Bzgl. der stundenbezogenen Arbeitszeit pro Tag wird die eine Früh- und Spätschicht umfassende Zweischichtarbeit von der eine 24stündige Betriebszeit umfassenden Dreischichtarbeit abgegrenzt. Letztere wird bzgl. der tagesbezogenen Arbeitszeit pro Woche differenziert in (voll-)kontinuierliche Arbeitssysteme, welche Nacht- und Wochenendarbeit vorsehen⁵⁴, und teil-/diskontinuierliche Arbeit, welche zwar Nachtarbeit ein- aber Wochenendarbeit ausschließt. Es wird von regelmäßigen (Drei-)Schichtsystemen gesprochen, wenn tägliche Schichten gleicher Anfangs- und Endzeiten sowie gleicher Dauer vorliegen; unregelmäßige Schichtsysteme berücksichtigen, daß der Arbeitsanfall über den Tag nicht gleichmäßig verteilt und dadurch eine größere Zahl sich überschneidender Schichten mit unterschiedlicher oder gleicher Personalbesetzung zu formulieren ist. Für Zwei- oder Dreischichtsysteme, welche zwar Samstags- aber keine Sonn- und Feiertagsarbeit vorsehen sowie für Zweischichtsysteme einer Sieben-Tage-Woche, konnten wir keine einheitlichen Begriffe erkennen. Als wichtigste Aspekte der Schichtplanung⁵⁵ gelten der Schichtwechselrhythmus/-turnus (Anzahl Tage oder Wochen, die ein Arbeitnehmer in der gleichen Schicht beschäftigt ist), die Schichtwechselrichtung/-folge (Vorwärts- (der Frühschicht folgt die Spätschicht, dieser die Nachtschicht) oder Rückwärtswechsel (Nacht-, Spät-, Frühschicht)), die Schichtwechselzeiten/-zeitpunkte (Tageszeit, zu denen die Schichten beginnen) und die Schichtlänge. Auf diese

GMBH/BETRIEBSRAT DER BETRIEBSSTÄTTE HERAEUSSTRASSE (1995), Betriebsvereinbarung „Arbeitszeitregelung“; ADTRANZ (1997), Betriebsvereinbarung „Einrichtung von Arbeitszeitkonten“.

⁵² ERGENZINGER (1993), S. 328; ähnlich RUTENFRANZ/KNAUTH (1982), S. 8; SMENTEK (1991), S. 94; BAILLOD (1993a), S. 199.

⁵³ Vgl. z.B. RUTENFRANZ/KNAUTH (1982), S. 10f.; HOFF (1990), S. 160; BEYER (1986), S. 91 - 95; MÜLLER-SEITZ (1991), S. 19f., (1996), S. 66f.; BAILLOD (1993a), S. 199f.

⁵⁴ Bekannt auch als Durchlaufbetrieb, Konti- oder Vier-Schicht-Betrieb (es werden drei Schichten mit vier Schichtbelegschaften besetzt, so daß immer eine Schicht frei hat). Vgl. BAILLOD (1993a), S. 201; ERGENZINGER (1993), S. 329.

⁵⁵ Vgl. z.B. MÜLLER-SEITZ (1991), S. 17f., (1996), S. 65f.; KNAUTH/HORNBERGER (1993), S. 26f.; BAILLOD (1993a), S. 203; BRÖCKERMANN (1997), S. 145.

Aspekte beziehen sich zugleich die arbeitsmedizinischen Empfehlungen zur Schichtplangestaltung. Diese sollen die durch die ungewöhnlichen Arbeitszeitlagen verursachten Beeinträchtigungen der Menschen, ihrer Leistungsfähigkeit, Gesundheit und ihres sozialen Umfelds begrenzen⁵⁶. Aufgrund des relativ geringen Flexibilitätspotentials der „klassischen“ Schichtarbeit (flexibel ist lediglich die Arbeitszeitlage, die Schichtpläne haben eine relativ lange Gültigkeit) stützen wir uns in den Planungsmodellen flexibler Arbeitszeiten nicht auf diese Form der Schichtarbeit, erkennen in den resultierenden Arbeitszeitformen aber eine unregelmäßige Mehrschichtarbeit mit Sonn- und Feiertagsarbeit ohne Nachtarbeit bei flexiblen Schichtwechselzeiten und (potentiell) unregelmäßigen Schichtlängen⁵⁷.

Betrachten wir die Gruppe „primär mengenflexibler“ Arbeitszeitformen, so ist deren kennzeichnendes Kriterium die gegenüber der regelmäßigen Arbeitszeitdauer verkürzte Dauer der von den Arbeitskräften zur Verfügung gestellten Arbeitszeit⁵⁸. Die einzelnen Formen unterscheiden sich in ihrem Bezugszeitraum, ihrer Lageflexibilität, der Entscheidungszeit, dem Entscheidungsträger und den verfolgten Interessen. Die vorgestellten Formen unterteilen wir danach, ob sie ohne oder mit funktionaler Arbeitsteilung vorliegen.

Teilzeitarbeit ohne funktionale Arbeitsteilung kann in starrer Form vorliegen, wenn bereits „bei der Anstellung ... die Regelmäßigkeit, die Dauer und (die) Lage der Teilzeitarbeit festgelegt (wird) und ... über längere Zeit hinweg unverändert“⁵⁹ bleibt. Erfolgt bei Vertragsbeginn lediglich die Festlegung einer z.B. täglichen Arbeitszeitdauer oder

-
- ⁵⁶ Wir erkennen hier den Einfluß des biologischen Zeitbegriffes (vgl. Kap. 2.1.1). Vgl. bzgl. der Auswirkung der „Circadianrhythmik“ und der daraus resultierenden Empfehlungen zur Arbeitszeit-/Schichtplangestaltung z.B. HILDEBRANDT (1973); RUTENFRANZ/KNAUTH (1982), S. 20 - 42; KNAUTH (1983), (1987), S. 224 - 226, (1990), S. 259 - 275; BAILLOD (1993a), S. 225 - 227; WOBBE/HETTINGER (1993), S. 485 - 502; MÜLLER-SEITZ (1996), S. 26 - 60. Vgl. bzgl. einer Datenanalyse zur Verbreitung von Schicht-, Samstags- und Sonntagsarbeit z.B. RUTENFRANZ/KNAUTH (1982), S. 16 - 20; SMENTEK (1991), S. 95 - 110; ERGENZINGER (1993), S. 329 - 331; BAUER/GROB/SCHILLING (1994), S. 39 - 81; MATTHIES u.a. (1994), S. 137 - 139; DÜLL/ELLGUTH (1997), S. 746 - 765.
- ⁵⁷ Vgl. bzgl. praktizierter, flexibler Formen der Schichtarbeit z.B. FIEDLER-WINTER (1995), S. 95 - 97 (5-Schicht-System der Bayer AG; ausführlicher FÖRSTER (1993), S. 158 - 170), S. 123 - 127 (9-Stunden-Schichten im 3-Wochen-Rhythmus bei der BMW AG; ausführlicher THEUNERT (1995), S. 235 - 242; BIEHL/BERGHAHN/THEUNERT (1995), S. 185 - 198), S. 150 - 153 (vollkontinuierliches Schichtsystem der Effem GmbH), S. 173 - 176 (Ser-Schicht-Modell der Hoffmann-La Roche AG) und viele andere.
- ⁵⁸ Unterstützend § 2 (2) BeschFG „Teilzeitbeschäftigt sind die Arbeitnehmer, deren regelmäßige Wochenarbeitszeit kürzer ist als die regelmäßige Wochenarbeitszeit vergleichbarer vollzeitbeschäftigter Arbeitnehmer des Betriebes. ...“ Vgl. bzgl. Praxisbeispielen über Teilzeitarbeit im Führungskräftebereich DELLEKÖNIG (1995), S. 45 - 71; bzgl. eines Erfahrungsberichtes von direkten Vorgesetzten BAILLOD (1993b)
- ⁵⁹ LEY (1993), S. 97 f. Dies entspricht der historisch ältesten Form der Teilzeitarbeit.

eines z.B. wöchentlichen Arbeitszeitvolumens - ohne Fixierung ihrer Lage - sprechen wir von Formen flexibler Teilzeitarbeit. Werden für diese (vom Arbeitgeber) Bandbreiten vorgegeben, innerhalb derer (von den Arbeitnehmern) in bestimmten Rhythmen und mit bestimmten Geltungsdauern die Einsatzdauer (und Lage) gewählt werden kann, spricht die Literatur von Bandbreitenmodellen⁶⁰. Gibt der Arbeitgeber einzelne Arbeitszeiteilstücke/-bausteine vor, welche von den Arbeitskräften zu kompletten Arbeitszeiten zusammengesetzt werden können (erst dadurch ergibt sich die Arbeitszeitdauer und -lage pro Bezugszeitraum), wird die Form als Baukastensystem bezeichnet⁶¹. Beiden gemeinsam ist die relativ langsame Reaktionsfähigkeit auf unerwartete Bedarfsänderungen (Entscheidungszeit). Sie können nach den Objekten der Wahlmöglichkeiten (nur Lage oder auch Dauer), nach der Zahl derselben sowie nach dem Grad der Berücksichtigung der Arbeitnehmerinteressen bereits bei der Entwicklung der Vorgabe der Bandbreiten/Module variiert werden. Ihr Bezugszeitraum erstreckt sich i.d.R. auf den Tag (stundenbezogene Arbeitszeit pro Tag), die Woche (stunden- oder tagesbezogene Arbeitszeit pro Woche), den Monat (stunden-, tages- oder wochenbezogene Arbeitszeit für mehrwöchige Planungszeiträume), seltener auch auf das Jahr oder die prinzipiell mögliche Lebensarbeitszeit. Erhalten die Arbeitnehmer lediglich die Möglichkeit, ihre Arbeitszeitpräferenzen zu äußern und behält sich der Arbeitgeber ein Letztentscheidungsrecht vor, so können die in den Modellen des shift-scheduling und des days-off-scheduling abgebildeten - mitbestimmten - Arbeitszeitformen als Bandbreitenmodelle verstanden werden. Als eine wesentlich flexiblere „mengenflexible“ Arbeitszeitform gilt die kapazitätsorientierte variable Arbeitszeit (Kapovaz). Bei ihr legt der Arbeitgeber primär nach seinen Interessen (relativ) kurzfristig fest, wann der Einsatz einer Arbeitskraft vorgesehen wird. §4 BeschFG begrenzt seine Entscheidungsbefugnis lediglich bzgl. einer wöchentlichen (mind. 10 Stunden) und einer einsatzbezogenen Mindestarbeitszeitdauer (mind. 3 zusammenhängende Stunden, sofern ein Einsatz vorgesehen wird) sowie einer viertägigen Vorankündigungsfrist für einen Einsatz⁶². Gemäß dem i.d.R. eher kurzfristigen Bezugszeitraum⁶³, können wir Elementen

⁶⁰ Vgl. z.B. MAY/MOHR (1985), S. 26 - 27; LEY (1993), S. 99; bezogen auf den Bezugszeitraum Jahr SCHNEIDER (1987), S. 2 - 4. Für Praxisbeispiele z.B. ERGENZINGER (1993), S. 357 - 361 (Swissair AG); BAILLOD u.a. (1997), S. 81 - 90 (Wandfluh Holding AG); BUSE/HEMPEL (1998), S. 53 (Continental AG). Bzgl. einer Berücksichtigung derselben in Planungsmodellen KOSSBIEL (1992a), S. 175 - 198.

⁶¹ Bekannt auch als Teilzeit-à-la-carte (vgl. BEYER (1986), S. 98). Ausführlicher z.B. NEHER (1990), S. 443 - 445, 454 - 461; LEY (1993), S. 99f. Für Praxisbeispiele z.B. MAY/MOHR (1985), S. 31 - 32 (KAHNsche-Modell mit 2-Stunden-Modulen, JÜCHSER-Modell mit drei rotierenden Wochenarbeitszeitmöglichkeiten innerhalb einer 6-Tage-Woche, HALLER-Modell mit Rastern à 4,5 Arbeitsstunden binnen einer Betriebszeit von 9 Stunden an 6 Tagen).

⁶² Vgl. ausführlicher KLEVEMANN (1986), S. 103 - 107 (incl. eines Rückblicks über die Entwicklung von Kapovaz vor den Regelungen des BeschFG); RADEMACHER (1990), S. 155f.; SMENTEK (1991), S. 133f.; BÖCKEL (1991), S. 41 - 45; LEY (1993), S. 100f.; bzgl. arbeitsrechtlicher Analysen KLEVEMANN (1987), S. 1242 - 1246; LANGMAACKE (1996), S. 121 -

te dieser Arbeitszeitform in den Modellen des shift-scheduling erkennen. Wechselt dagegen die Entscheidungsbefugnis - bei sonst kaum veränderter Struktur - auf den Arbeitnehmer, können wir die kaum geregelte Form der „Individuellen Arbeitszeit“ erkennen. Sie ist auf unterschiedliche Bezugszeiträumen anwendbar, bei ihrer Ausgestaltung sind nur die allgemeinen arbeitsrechtlichen Regelungen zu berücksichtigen. Wir können sie aufgrund des Entscheidungsträgers nur eingeschränkt in den Modellen erfassen.

„Primär mengenflexible“ Arbeitszeitformen mit funktionaler Arbeitsteilung sehen neben der zeitlichen auch eine arbeitsinhaltliche und -organisatorische Flexibilisierung der Arbeit vor. Sie münden in die Formen des/der „Job-Sharing“/„Partner-Teilzeitarbeit“, wenn die Entscheidungsbefugnis über die Dauer und Lage der individuellen Arbeitszeit an einzelne Personen übertragen wird. Liegt die Entscheidungsbefugnis bei einer Arbeitsgruppe, spricht die Literatur von - im weiteren nicht betrachteten - „Zeitautonomen Arbeitsgruppen“⁶⁴. Für die Arbeitsform des „Job-Sharing“ gilt die gesetzliche Regelung der fehlenden allgemeinen/automatischen Vertretungspflicht, der Unzulässigkeit partnerbedingter Kündigung und des Fehlens eines Gesamtschuldverhältnisses⁶⁵. Sie wird im weiteren danach differenziert, ob sich die Arbeitskräfte untereinander abstimmen und gemeinsame Verantwortung für die Aufgabenerledigung tragen - dies entspricht dem „Job-Pairing“ - oder ob eine festgelegte Aufgabenteilung existiert, die die Arbeitskräfte anschließend zu einer unabhängigen und eigenverantwortlichen Erledigung derselben führt - dies entspricht dem „Job-Splitting“⁶⁶. Aufgrund ihres nicht rein zeitlichen Aspektes wollen wir auch diese Formen nicht weiter verfolgen.

2.3. Rahmenbedingungen flexibler Arbeitszeiten

2.3.1. Technisch-organisatorische und ökonomische Bedingungen

Unter technisch-organisatorischen Gesichtspunkten ist die Gestaltungsmöglichkeit flexibler Arbeitszeiten durch den Grad der Unterbrechbarkeit des Produktionsprozesses,

128; bzgl. Sekundärdatenanalysen SMENTEK (1991), S. 135 - 139; bzgl. Praxisbeispielen LINNENKOHL u.a. (1993), S. 119f

⁶³ Größere Bezugszeiträume sind denkbar, ebenfalls die Ausweitung dieser Form auf Vollzeitarbeitskräfte. Aufgrund der größeren Verteilungsspielräume findet Kapovaz allerdings überwiegend in der Form der Teilzeitarbeit Verbreitung. Vgl. RADEMACHER (1990), S. 155; SMEN-TEK (1991), S. 133.

⁶⁴ Vgl. BEYER (1986), S. 109. Ähnlich KREIKEBAUM/HERBERT (1988), S. 91 - 95.

⁶⁵ Vgl. §5(1) BeschFG, bzgl. ausführlicher arbeitsrechtlicher Analysen LINNENKOHL (1984), S. 49 - 53; LANGMAACKE (1996), S. 137 - 143.

⁶⁶ Vgl. weiterführend SCHANZ (1984), S. 19 - 21; MAY/MOHR (1985), S. 33 - 40; BEYER (1986), S. 81f.; DRÄGER (1986), S. 34 - 43; BÖCKEL (1991), S. 58 - 62; LEY (1993), S. 102, 111 - 115; sowie die Aufsätze des Sammelbandes von HEYMANN/SEIWERT (1981). Bzgl. Praxisbeispielen LINNENKOHL u.a. (1993), S. 127 - 130. In Personalplanungsmodellen berücksichtigt bei FLOHR/KOSSBIEL (1981), S. 402 - 421.

die Möglichkeit der Verschiebbarkeit der Aufgabenerfüllung und durch das Maß der sachlichen und personellen Verkettung der Aufgabenerfüllung begrenzt. Der Grad der Unterbrechbarkeit beschreibt⁶⁷, ob der Fertigungsablauf beliebig, nicht beliebig - d.h. nur nach bestimmten Zeitabständen, wenn die Fertigung zu einem vorläufigen oder endgültigen Abschluß gelangt ist - oder nicht unterbrochen werden kann. Entscheidend ist dabei, ob - abgesehen vom Zeitverlust - ein (ökonomischer) Schaden auftritt⁶⁸. Für die Gestaltung flexibler Arbeitszeitformen folgt daraus, daß bei nicht oder nicht beliebig unterbrechbaren Produktionsprozessen den Beteiligten - vor allem bei (eingeschränkt) selbstbestimmten Arbeitszeitformen - ein hohes Maß an Koordination abverlangt wird. Beliebige unterbrechbare Produktionsprozesse begründen dagegen einen relativ großen Gestaltungsspielraum flexibler Arbeitszeiten. Mit der Möglichkeit der Verschiebbarkeit der Aufgabenerfüllung wird die Dringlichkeit der Aufgabenerfüllung sowie ihre Lagerfähigkeit erfaßt. Sie wird durch den Produktcharakter und - sofern ein lagerungsfähiges Produkt vorliegt - durch die Fertigungsplanung determiniert⁶⁹. Liegen verderbliche Produkte oder in Art, Umfang und Entwicklung des Arbeitsanfalls nur schwer vorhersehbare Dienstleistungen⁷⁰ vor, ist die Dringlichkeit der Aufgabenerfüllung hoch einzuschätzen; kurzfristig zu entscheidende, flexible Arbeitszeiten sind angemessen. Liegen dagegen lagerfähige Produkte vor, bei denen die Aufgabenerfüllung verschiebbar ist, kann durch Maßnahmen der Arbeitsreduktion bzw. der Arbeitsbevorratung eine Arbeitsanfallglättung vorgenommen werden⁷¹; längerfristig entschiedene und auch mitbestimmte Arbeitszeiten werden praktikabel. Mit dem Maß der sachlichen und personellen Verkettung der Aufgaben erfassen wir die Abhängigkeit

-
- 67 Vgl. SCHÄFER (1978), S. 286 - 290 Bzgl. ähnlicher Überlegungen zur naturgesetzlichen Grundlage der Produktion ELLINGER (1959), S. 19 - 31, zur Prozeßcharakteristik von Produktions- und produktionsbegleitenden Tätigkeitsfeldern HATRY (1981), S. 155 - 162.
- 68 Dieser wird an (ökonomisch) unerwünschten Nebenwirkungen - z.B. Qualitätseinbußen, Verlust von Einübungseffekten oder der Bedarf an neuen Vorbereitungszeiten - gemessen. Vgl. UTSCH (1981), S. 74f.
- 69 Vgl. GROSSE-OETRINGHAUS (1974), S. 203 - 210. Zusätzlich BÖCKLE (1979), S. 65, welcher nach den Kriterien der Unterbrechbarkeit und Verschiebbarkeit unterschiedliche Stufen der zeitlichen Bindung entwickelt. Bzgl. ähnlicher Überlegungen zur Dringlichkeit der Aufgabenerfüllung UTSCH (1981), S. 78f.; BEYER (1992), Sp. 460.
- 70 Folgen wir der durch KLINGE (1997), S. 7 - 23 vorgenommenen Analyse der in der Literatur vorzufindenden Definitionsversuche von Dienstleistung, so sind diese u.a. durch folgende, die Dringlichkeit der Aufgabenerfüllung begründende Merkmale charakterisiert (S. 23): „Eine Dienstleistung konkretisiert sich an einem externen Faktor, der sich im Verfügungsbereich des Leistungsnehmers befindet und sich der autonomen Disposition seitens des Leistungsanbieters entzieht. ... (Bei) primär personenorientierten Dienstleistungen ist eine Interaktion von Dienstleistungsanbieter und -nachfrager erforderlich. Es handelt sich dabei stets um „Sofortarbeit“.“
- 71 Vgl. BEYER (1992), Sp. 461. Wir denken hier z.B. an das Einräumen von Regalen in Kaufhäusern, während das Beraten von Kunden nur bedingt verschiebbar ist. An diesem Bsp. wird deutlich, daß ein zu besetzender Arbeitsplatz durch bzgl. ihrer Erfüllung unterschiedlich dringliche Aufgaben charakterisiert sein kann.

der einzelnen Aufgaben untereinander⁷². Der sachliche Aspekt erfaßt, daß z.B. Vorprodukte in Endprodukte aufgehen (zeitliche Verkettung) und unterschiedliche Aufträge voneinander abhängig sind. Der personelle Aspekt erfaßt die physische - mehrere Arbeitskräfte arbeiten gleichzeitig an einem Objekt - und kommunikative Abhängigkeit der Arbeitnehmer untereinander. Liegen Abhängigkeiten vor, so bedarf es im Rahmen der gewählten Organisationsstrukturen eines hohen Maßes an Absprachen unter den Mitarbeitern, insb. dann, wenn z.B. Formen primär gleitender Arbeitszeiten eingeführt werden sollen⁷³.

Die ökonomischen Bedingungen implizieren, daß nicht alles, was technisch machbar auch ökonomisch sinnvoll ist. Wir begegneten ihnen bereits bei der Bestimmung der Unterbrechbarkeit des Produktionsprozesses; eine ausführlichere Betrachtung derselben verlangt eine Kosten-Nutzen-Analyse der Gestaltung flexibler Arbeitszeiten sowie eine Analyse der Einflüsse aus den Produkt- und Faktormärkten. Die Kosten-Nutzen-Analyse beruht auf einem durch den Unternehmer vorzunehmenden Vergleich der durch die Arbeitszeitgestaltung ausgelösten und eingesparten Kosten. Erstere umfassen z.B. die Kosten, die durch Materialbevorratungen entstehen, wenn nicht alle Arbeitnehmer gleichzeitig arbeiten, die Kosten der Informationsbeschaffung und -verbreitung sowie die Kosten der organisatorischen und fertigungstechnischen Änderungen. Hinzu kommen Einbußen aufgrund von Abstimmungsschwierigkeiten unter den Mitarbeitern und aufgrund des Risikos der Eigenverantwortlichkeit der Arbeitnehmer - wenn z.B. im Rahmen einer Gleitzeitregelung die Arbeitszeit in arbeitsanfallschwache Zeiten gelegt wird⁷⁴, sowie die erhöhten kopfzahlabhängigen Personalkosten bei Teilzeitarbeitskräften. Ersparnisse können sich ergeben, wenn Maschineninvestitionen durch zeitlich versetzte Arbeitszeiten - z.B. erweiterte Gleitzeitspannen im Einschichtbetrieb - von mehreren Mitarbeitern genutzt werden können⁷⁵. Weitere, nicht immer quantifi-

⁷² Vgl. ähnlich UTSCH (1981), S. 77 - 85, RISSE (1984), S. 3f, 12, 19f.; RADEMACHER (1990), S. 157, MARR (1990), S. 357.

⁷³ Vgl. bzgl. der Eignung flexibler Arbeitszeitstrukturen bei unterschiedlichen Organisationstypen - zumeist der Fertigung - z.B. UTSCH (1981), S. 155 - 213; BOLLE/FISCHER/ STRÜMPPEL (1982), S. 198 - 208; RISSE (1984), S. 24 - 37; MAY/MOHR (1985), S. 78 - 91; KOHLÖFFEL (1988), S. 62 - 65; BULLINGER (1990), S. 190, nahezu identisch HEINRICH (1990), S. 16. Vgl. zur Diskussion um Gleitarbeit in der Schichtarbeit z.B. TERIET (1977); GRASSL/HINDELANG (1984), KOHL/SCHANZENBACH (1984)

⁷⁴ Vgl. bzgl. weiterer Auflistungen/Analysen der ökonomischen Vor- und Nachteile flexibler Arbeitszeiten z.B. RISSE (1984), S. 9, 38f.; MAY/MOHR (1985), S. 24f., 29f., 65 - 78; SCHUSSER (1986), S. 302 - 311; NASSE/SPECK (1988), S. 274 - 279, RADEMACHER (1990), S. 249 - 297; HOFMANN (1990), S. 222 - 228; WILDEMANN (1992), 126 - 130; SCHWIENTEK (1993), S. 7 - 15; HENTZE (1995), S. 242f.; DINGLER (1997), S. 93 - 102.

⁷⁵ Vgl. SCHUSSER (1986), S. 310 am Bsp. von CAD/CAM-Arbeitsplätzen: Der erweiterte „Gleitrahmen“ ermöglicht es, an vorhandenen Arbeitsplätzen, d.h. ohne zusätzliche Kapitalinvestition, ohne zusätzlichen Raumbedarf statt bisher einem nun zwei Mitarbeiter zu beschäftigen. Dies bedeutet eine erhebliche Reduzierung der kostenmäßigen Einstellschwelle ...“; ähnlich

zierbare Vorteile können sich aufgrund von Produktivitätseffekten ergeben, wenn z.B. erst durch das Recht zum Gleiten so lange gearbeitet wird, bis eine Unterbrechbarkeit des Produktionsprozesses ökonomisch sinnvoll ist⁷⁶, wenn Arbeitnehmer nach ihrem persönlichen Arbeitsrhythmus entsprechend ihrer individuellen Leistungskurve arbeiten oder bezahlte Fehlzeiten reduziert werden. Teilzeitarbeit reduziert die Zahl der mit Überstundenzuschlägen zu bezahlende Überstunden⁷⁷. Prozentual vom Einkommen abhängige Personalnebenkosten sinken, wenn Vollzeitstellen in Teilzeitstellen mit nicht sozialversicherungspflichtigen Einkommen aufgeteilt werden. Sie können steigen, sobald eine Vollzeitstelle, die mit einem Verdienst über der Beitragsbemessungsgrenze belegt ist, in mehrere sozialversicherungspflichtige Stellen aufgeteilt wird⁷⁸. Empirische Untersuchungen über die Einflüsse aus dem Produktmarkt weisen darauf hin, daß primär marktstrategische Aspekte die Einführung variabler Arbeitszeitmuster verursachen⁷⁹. Bzgl. der Einflüsse aus dem Arbeitsmarkt - dieser sei stellvertretend für die Faktormärkte genannt - können aus Arbeitnehmersicht attraktive Arbeitszeitformen dem Unternehmer die Rekrutierung von Arbeitskräften erleichtern und die Fluktuationsrate senken.

2.3.2. Sozio-kulturelle und rechtliche Bedingungen

Die sozio-kulturellen Bedingungen begrenzen in Konkurrenz zu den ökonomischen Bedingungen den Handlungsspielraum, der sich innerhalb des technisch möglichen und rechtlich zulässigen Rahmens ergibt. Sie werden aus der gesellschaftlichen Wertekonfiguration und dem daraus abgeleiteten Normengefüge bestimmt⁸⁰. Die gesellschaftliche Wertekonfiguration resultiert aus der Summe einander beeinflussender, individueller Werte. Werte stehen dabei als „innere Führungsgrößen des menschlichen Tuns und Lassens, die überall dort wirksam werden, wo nicht biologische Triebe ... (oder) Zwänge den Ausschlag geben“⁸¹. Sie können, aber müssen nicht ihren Trägern voll

DINGLER (1997), S. 59f.

⁷⁶ Vgl. UTSCH (1981), S. 76.

⁷⁷ Zuschlagspflichtige Überstunden sind Arbeitsstunden, die über den Rahmen der regelmäßigen Arbeitszeit einer Vollzeitkraft hinausgehen, unabhängig von der vereinbarten regelmäßigen Arbeitszeit der Teilzeitarbeiter. Vgl. z.B. NASSE/SPECK (1988), S. 278; BUNDESARBEITSGERICHT (1997), kritisch SCHÜREN (1993), S. 529 - 532.

⁷⁸ Vgl. bzgl. der Diskussion über die Berechnung von Personalnebenkosten sowie deren Einfluß auf die Bewertung von Überstunden, Kurzarbeit und Neueinstellungen z.B. KULLER (1979), WELZMÜLLER (1987), WEUSTER (1987); HEMMER (1998), S. 252f.

⁷⁹ Vgl. insb. JOACHIM/SEIFERT (1991), S. 189 - 220

⁸⁰ Vgl. KOSSBIEL/SPENGLER (1998), S. 32. Sie wählen die genannten Definitionsbestandteile zur Erklärung der Legitimationsgrundlage sozialer Vertretbarkeit

⁸¹ Diese Sichtweise erfolgt in Anlehnung an KLAGES (1985), S. 9. Vgl. bzgl. weiterer Definitionen von Werten, Bedürfnissen sowie zu deren Funktionen (z.B. Orientierungs- und Selektionshilfe bei der Auswahl von Handlungsalternativen, Strukturierungshilfe der Umwelt bzw. Stabilisierungshilfe und Konformisierungshilfe des Verhaltens) z.B. SCHOLL-SCHAAF (1975), S. 60.

bewußt werden und wirken in konkreten situationsbezogenen Handlungszusammenhängen als Bedürfnisse i.S.v. mit Überlegungen über Erreichbares und Realisierbares verbundenen „Handlungsorientierungen“⁸². Werte, die sich in der Gesellschaft als dominant erweisen und mit allgemeinverbindlichem Charakter versehen werden, bezeichnen wir als Normen⁸³. Sie können in formalisierter (z.B. Gesetze, Richtlinien) oder nicht-formalisierter Form (soziale Norm) vorliegen. Ihre Einhaltung wird - auch wenn sie in einem konfliktären Verhältnis zu individuellen Werten stehen - von den Gesellschaftsmitgliedern erwartet und sanktioniert⁸⁴. Gelemt werden Werte und Normen aufgrund von Vermittlungsprozessen oder aufgrund von Erfahrungen. Dabei sind sie stets nur für einen lokal, sozial und temporal begrenzten Raum von Relevanz und unterliegen einem kontinuierlichen Wandel. Aus diesbezüglich wiederholt vorgenommenen, empirischen Untersuchungen haben verschiedene Autoren unterschiedliche Erklärungsansätze des Wertewandels abzuleiten versucht.⁸⁵

Verknüpfen wir unsere Überlegungen hinsichtlich der durch (sich wandelnde) Werte und (soziale) Normen determinierten sozio-kulturellen Rahmenbedingungen mit der Diskussion um die Sozialverträglichkeit von Arbeitszeiten, so können wir bzgl. letzterer zwei, von der ursprünglichen Bedeutung des Begriffs „Sozialverträglichkeit“⁸⁶ abweichende Ansatzpunkte der Diskussion sozialverträglicher Arbeitszeiten erkennen: die individuelle und die kollektive Sozialverträglichkeit⁸⁷. Die „individuelle Sozialverträglichkeit“ umfaßt die Diskussion um die personen- und kleingruppenbezogenen Auswirkungen flexibler Arbeitszeitgestaltung. Thematisiert werden vor allem die

72f., 114 - 116; SCHUPPE (1988), S. 13 - 22; SCHOBER (1991), S. 15 - 19.

⁸² Vgl. KLAGES (1985), S. 12.

⁸³ Vgl. ähnlich SCHOLL-SCHAAF (1975), S. 75; SCHUPPE (1988), S. 16f.

⁸⁴ Vgl. zu dieser Definition von Norm LAMNEK (1989), S. 468; ähnlich KMIECIAK (1976), S. 156, REICHARDT (1984), S. 25 (Er bezeichnet Normen als durch eine äußere soziale Kontrolle geschützt, während bei Werten durch ihre Internalisierung lediglich eine innere soziale Kontrolle wirksam wird.); BAHRDT (1985), S. 49; bzgl. einer weiter gefaßten Definition OPP (1983), S. 8, 11.

⁸⁵ Erklärungsansätze des Wertewandels finden sich bei z.B. INGLEHART (1977), (1984), (1989); NOELLE-NEUMANN (1979), SCHMIDTCHEN (1984); KLAGES (1985), (1993) sowie KLAGES/FRANZ/HERBERT (1985). Vgl. bzgl. weiterer Sekundärauswertungen bzw. empirischer Untersuchungen über Wertvorstellungen der Arbeitnehmer zur Arbeitszeitgestaltung z.B. DWORSCHAK (1987), S. 58 - 70; HINRICHS (1988), S. 231 - 275; WAGNER (1993), S. 307 - 315; MUHR (1996), S. 62 - 74.

⁸⁶ Der Begriff der Sozialverträglichkeit wurde erstmals von MEYER-ABICH (1981), S. 98 im Rahmen der Beurteilung von Energiesystemen als „Verträglichkeit mit der gesellschaftlichen Ordnung und Entwicklung“ formuliert, dann auf die Bewertung und Gestaltung neuer Technologien übertragen (vgl. exemplarisch EICHENER/MAI (1993)) und schließlich als Bewertungskriterium der Gestaltung flexibler Arbeitszeiten entdeckt.

⁸⁷ Vgl. zu dieser - vielleicht nicht unbedingt geschickten - Begriffsbildung RINDERSPACHER (1995), S. 37; inhaltlich ähnlich GARHAMMER (1995), S. 73. In Ansätzen bereits zu erkennen bei HELD/SCHANZ (1986) S. 39 - 47, WIESENTHAL (1986), S. 36 - 38.

„Zeitsouveränität als das individuelle Recht und Vermögen zu mehr Dispositionen über die quantitative und/oder qualitative Seite von Zeitallokationen“⁸⁸ und die Berücksichtigung der (individuellen) Bedürfnisse der Arbeitnehmer⁸⁹. Die „kollektive Sozialverträglichkeit“ umfaßt die Diskussion um organisations-, regional- und gesellschaftsbezogene Auswirkungen der Arbeitszeitgestaltung. Hier geht es primär um die „Bedeutung kollektiver Zeitnormen und Zeitinstitutionen für das soziale Leben“⁹⁰ - diskutiert wird die Schutzfunktion des (kollektiv arbeitsfreien) Wochenendes⁹¹, der arbeitsfreien Abendstunden, der „Normalarbeitszeit“⁹² und der kulturell/religiös bestimmten Ruhephasen⁹³ - sowie um den Trend der Gesellschaft hin zu einer „Rund-um-die-Uhr-Versorgung“⁹⁴, um die Entzerrung von Verkehrsspitzenzeiten und Nutzungsfrequenzen von Freizeit- bzw. anderen öffentlichen Einrichtungen (Infrastruktur)⁹⁵. Bei Betrachtung des Verhältnisses der beiden Arten von Sozialverträglichkeit vor dem Hintergrund des gesellschaftlichen „Wertewandels“ z.B. hin zu einer gewünschten Dienstleistungsvorsorgung auch in den Abendstunden und am Wochenende, erkennen wir, daß die kollektive Sozialverträglichkeit im Konflikt steht mit den individuellen Bedürfnissen der z.B. an Vereinsarbeit interessierten, in den Abendstunden und am Wochenende

-
- ⁸⁸ TERIET (1977a), S. 87f. Vgl. bzgl. der Betonung dieses Kriteriums (teils auch unter dem Begriff der Autonomie oder Entscheidungskompetenz) im Rahmen sozialvertraglicher Arbeitszeitgestaltung vor allem SEIFERT (1993), S. 278; BÜSSING (1995), S. 82, 84; KNAUTH (1995), S. 210, GARHAMMER (1995), S. 59. Wir erkennen das Flexibilitätskriterium Entscheidungsträger.
- ⁸⁹ Gemeint ist u.a. die Berücksichtigung physischer und psychischer Überbeanspruchung/gesundheitlicher Belastungen (vgl. z.B. SEIFERT (1995a), 63; MARR (1995), S. 228). Die kleingruppenbezogene Betrachtung umfaßt die Auswirkungen auf den Betrieb und die direkten Angehörigen (vgl. z.B. RINDERSPACHER (1981), S. 47 - 64, (1995), S. 37; GARHAMMER (1995), S. 73). Wir erkennen das Flexibilitätskriterium Entscheidungsinteressen.
- ⁹⁰ GARHAMMER (1995), S. 73. Ähnlich RINDERSPACHER (1988), S. 1026.
- ⁹¹ Vgl. bzgl. der Bedeutung des sozialen Wochenendes am Bsp. seiner Funktionen (Schutz vor Ansprüchen außerhalb der Privatbereichs, Entlastung von dem eigenen Anspruch standiger (Haus)arbeit, Animation und Koordination sozialer Kontakte, Integration in eine Gemeinschaft) RINDERSPACHER (1987), S. 42f., (1990), S. 21f.; ähnlich die alltagspraktische, soziokulturelle und „kultische“ Dimension kollektiver Ruhepausen (vgl. RINDERSPACHER (1988), S. 1026 - 1028, (1990), S. 19 - 21); ähnlich BECK (1992), S. 87 - 89. Zur Betonung der Abendstunden MUHR (1996), S. 61.
- ⁹² Vgl. zur Diskussion der Vor-/Nachteile der „Normalarbeitszeit“ (gleichzeitige und regelmäßige Arbeitszeitdauer und -lage aller Arbeitskräfte werktags zwischen z.B. 8.00 und 17.00 Uhr) OTT (1987) S. 130f.; HINRICHS (1988), S. 154 - 162; MÜCKENBERGER (1989), S. 211 - 223; THOBEN (1991), S. 97 - 100, SEIFERT (1991), S.249 - 252, (1995a), S. 69f
- ⁹³ Vgl. RINDERSPACHER (1988), S. 1022, (1994), S. 259 - 282, (1995), S. 39f.
- ⁹⁴ SEIFERT (1995), S. 19 umschreibt damit die zunehmende Tertiärisierung der Wirtschaft, die Verlagerung von Dienstleistungen aus dem häuslichen Bereich (Pflege) sowie die Inanspruchnahme von Dienstleistungen weitgehend unabhängig von den jeweiligen Zeitphasen bzw. -punkten. Auch die verlängerten Ladenschlußzeiten gehören in diesen Bereich.
- ⁹⁵ Vgl. SEIFERT (1995), S. 19; GARHAMMER (1995), S. 53 - 79.

abhängig Beschäftigten. Je nach dem, wie stark die gesellschaftliche Wertekonfiguration ausgeprägt ist und wie weit sich diese zu (sozialen und rechtlichen) Normen festigt, können dann längere Ladenöffnungszeiten und damit verbundene späte Arbeitszeiten - trotz möglicher individueller Unverträglichkeit - sozial vertretbar werden. Andererseits können individuelle Wünsche nach z.B. arbeitsfreien Wochentagen und Arbeitswochenenden - je nach Arbeitsbereich - in ihrer Umsetzung an Normen der kollektiven Sozialverträglichkeit (kulturell/religiös begründetes Aufrechterhalten kollektiv freier Wochenenden) scheitern⁹⁶.

Die rechtlichen Rahmenbedingungen können wir als Sonderform institutionalisierter Normen verstehen; ihre Einhaltung wird erwartet und sanktioniert. Bzgl. der Gestaltung flexibler Arbeitszeiten sind neben den arbeitsvertraglichen Regelungen die in Kapitel 3 explizit thematisierten gesetzlichen und tariflichen Regelungen des Arbeitszeitrechts sowie die Regelungen von Betriebsvereinbarungen von entscheidender Bedeutung. Gleichfalls sind die in dieser Arbeit nicht thematisierten, teils nur für bestimmte Arbeitnehmergruppen geltenden Arbeitsschutzrechte (z.B. die Regelungen des Bundesurlaubs⁹⁷, Mutterschutz-, Jugendarbeitsschutz- und Schwerbehindertengesetzes), die Regelungen des Sozialversicherungsrechts⁹⁸ sowie die Mitbestimmungsrechte des Betriebsverfassungsrechts zu berücksichtigen. Die Gestaltung der Betriebszeit wird u.a. durch die Regelungen des Ladenschlußgesetzes begrenzt; auf dessen arbeitszeitrelevante Regelungen werden wir an entsprechender Stelle eingehen. Ranghöhere Gesetze und Verordnungen z.B. der Europäischen Gemeinschaft⁹⁹, die Verfas-

⁹⁶ Vgl. dazu RINDERSPACHER (1988), S. 1028f. „Unter besonderen Umständen, z.B. für Einpersonenhaushalte in bestimmten Lebensabschnitten und in bestimmten Hinsichten kann die Vertauschbarkeit der Wochentage Samstag und Sonntag mit freien Tagen in der Woche für die Betroffenen einen Zuwachs an Lebensqualität bedeuten: Tatsächlich können Behördengänge wie auch manche Freizeitaktivitäten besser mitten in der Woche getätigt werden. Jedoch sind dies nur partielle bzw. temporäre Interessenlagen, aus denen heraus sich nicht die Erosion einer gesellschaftlichen Institution wie dem kollektiven Ruhetag rechtfertigen läßt“. Allgemeiner MARR (1995), S. 228

⁹⁷ Die Regelungen des BUrlG zur Übertragung des Urlaubsanspruches über das Kalenderjahr hinaus können z.B. die Gestaltungsmöglichkeiten einer Mehrjahresarbeitszeit sowie die Regelungen zu Zeitsparmodellen erschweren. Vgl. z.B. MARR (1989), S. 320.

⁹⁸ Zu denken ist insb. an die durch Arbeitszeitdauer und Entgelthöhe bestimmten Untergrenzen der Sozialversicherungspflicht. Vgl. dazu am Bsp. der Teilzeitarbeit ausführlich SOWKA/ KÖSTER (1993), S. 89 - 129; STAUDACHER/HELLMANN (1997), S. 139 - 169. Bzgl. empirischer Daten zur Struktur sozialversicherungspflichtiger und -freier Teilzeitbeschäftigung KOHLER/ SPITZNAGEL (1995), S. 341 - 345.

⁹⁹ Zu denken ist hier z.B. an die Regelungen des EWG-Vertrages und diverse Richtlinien der EG über das in §611a BGB mündende Diskriminierungsverbot wegen des Geschlechtes. Vgl. u.a. STEINDORFF (1988), S. 129 - 136; DIEBALL (1991), S. 166 - 172. Unter dem Begriff der „mittelbaren Diskriminierung“ tangiert dieses Verbot insb. die Gestaltung von Teilzeitarbeitsverträgen. Vgl. z.B. SCHMID/TRENK-HINTERBERGER (1994), S. 95 - 97; ZOLLNER/LORITZ (1998), S. 125f.

sung¹⁰⁰ sowie allgemeine Gesetze und Rechtsverordnungen sind insofern relevant, als alle bisher angesprochenen Regelungen nicht gegen diese verstoßen dürfen. Nicht zu unterschätzen ist zugleich die arbeitsrechtliche Bedeutung des Gewohnheits- und des Richterrechts¹⁰¹.

¹⁰⁰ Hier wirken insbes. Art 9 III GG (Koalitionsfreiheit), Art. 3 II GG (Gleichberechtigung), Art 1, 2 GG (allg. Persönlichkeitsrecht) und Art 12, 14 GG (Berufsfreiheit, Eigentum)

¹⁰¹ Vgl. bzgl. eines guten Überblickes über die Hierarchie arbeitsrechtlicher Rechtsquellen OTTO (1997), S. 63 - 104; ergänzend DÜTZ (1994), S. 12 - 17, 24 - 36; HRMADKA (1994), S. 280f.; BROX/RÜTHERS (1995), S. 24 - 31; ZÖLLNER/LORITZ (1998), S. 65 - 71.

3. Arbeitszeitrechtliche Regelungen flexibler Arbeitszeiten und aus ihnen abgeleitete Abbildungserfordernisse

3.1. Planungsrelevante arbeitszeitrechtliche Regelungen

3.1.1. Gesetzliche Regelungen

Aus der Vielzahl der gesetzlichen Regelungen berücksichtigen wir bei der Gestaltung flexibler Arbeitszeiten primär die Regelungen des Arbeitszeit- (ArbZG) und des Beschäftigungsförderungsgesetzes (BeschFG). Auf die die Dauer und die Lage der betriebsorientierten Arbeitszeit tangierenden Regelungen des Ladenschlußgesetzes sowie auf Spezialregelungen für einzelne Arbeitskräftegruppen werden wir an geeigneter Stelle verweisen. Aus Gründen der Komplexitätsreduktion gehen wir nicht auf Regelungen zur Nacharbeit und zum Bereitschaftsdienst ein.

Das Arbeitszeitgesetz wurde am 6.6.1994 mit Wirkung zum 1.7.1994 verkündet. Es soll dazu dienen, „die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer bei der Arbeitszeitgestaltung zu gewährleisten und die Rahmenbedingungen für flexible Arbeitszeiten zu verbessern ... , (sowie) den Sonntag und die staatlich anerkannten Feiertage als Tage der Arbeitsruhe der Arbeitnehmer zu schützen“¹. Zum Zwecke seiner Formulierung wurden die Vorschriften der Arbeitszeitordnung aus dem Jahre 1938 mit weiteren, die Arbeitszeit betreffenden, aber in verschiedenen Verordnungen und Gesetzen verstreuten Regelungen zusammengefaßt, an die heutigen veränderten Verhältnisse angepaßt und in ihrer Gültigkeit auf alle Arbeitnehmer und Beschäftigungsbereiche ausgeweitet². Anlaß der gesetzlichen Neuformulierung war u.a. der in Art. 30 Abs. 1 Nr. 1 des Einigungsvertrages normierte Gesetzgebungsauftrag, „das öffentlich-rechtliche Arbeitszeitrecht einschließlich der Zulässigkeit von Sonn- und Feiertagsarbeit und den besonderen Frauenarbeitsschutz ... neu zu kodifizieren“³. Gleichzeitig konnten die durch die bundesdeutsche Rechtsprechung und die durch die Richtlinien des Rates der Europäischen Gemeinschaft eingeforderten gesetzlichen Änderungen umgesetzt werden⁴. Von personalplanerischer Relevanz sind die Regelungen des ArbZG bzgl. der (Dauer der) Arbeitszeit als eine der Hauptdeterminanten des Personalbedarfs⁵, als zwingende Grenzen der Personaleinsatzplanung⁶ und als Basis,

¹ DEUTSCHER BUNDESTAG UND BUNDES RAT (1993), S. 5. Dieser Zweck ist Basis der (richterlichen) Auslegung des ArbZG.

² Vgl. ZMARZLIK (1993), S. 2009, ANZINGER (1994) S 1492

³ BUNDESMINISTER DER JUSTIZ (1990), S. 899.

⁴ Vgl. bzgl. eines Überblicks über diese Richtlinien ZMARZLIK (1993), S. 2009f., (1994), S 1082; ANZINGER (1994), S. 1492.

⁵ Wir erinnern an die Ausführungen in Kap. 1.1.1, Fußnote 17 und Kap. 2.1.1, Fußnote 13.

⁶ Vgl. dazu auch die Bußgeld- und Strafvorschriften der §§22, 23 ArbZG. Zu deren Bedeutung ZMARZLIK/ANZINGER (1995), S. 480 - 491

auf der - sofern Tarifdispositivität⁷ vorliegt - tarifliche und betriebliche Arbeitszeitregelungen aufbauen können.

Das Beschäftigungsförderungsgesetz wurde am 26.4.1985 mit Wirkung vom 1.5.1985 verkündet⁸. Die am 22.12.1989 und am 26.7.1994 erfolgten Änderungen⁹ beinhalten für den die Arbeitszeit betreffenden Regelungsbereich stets eine Verlängerung des regelmäßig auf ca. fünf Jahre befristeten Zeitraums der Abschlußmöglichkeit nicht begründungspflichtiger, befristeter Arbeitsverträge. Am 25.9.1996 erfolgte die derzeit gültige Neufassung des Gesetzes, welche vor allem eine weitere Vereinfachung des Abschlusses befristeter Arbeitsverträge vorsieht¹⁰. Ziel des Gesetzes ist die Eröffnung zusätzlicher Beschäftigungsmöglichkeiten¹¹. Es sieht dazu neben der erleichterten Möglichkeit des Abschlusses befristeter Arbeitsverträge¹² die Förderung von Teilzeitarbeit vor¹³. Die erleichterte Möglichkeit des Abschlusses befristeter Arbeitsverträge soll den Arbeitgebern ein Anreiz zur Einstellung neuer Arbeitskräfte sein. Der Gesetzgeber hofft zu verhindern, „daß die Arbeitgeber eine Stabilisierung der Auftragslage abwarten und zunächst in Überstunden ausweichen“¹⁴. Durch die Regelungen zur Teilzeitarbeit soll diese „auch für solche Arbeitnehmer attraktiv ... werden, die heute vollzeitbeschäftigt, aber an Teilzeitarbeit interessiert sind. ... Variable Arbeitszeit und die Arbeitsplatzteilung [sollen] als weiterhin zulässige Arbeitszeitformen sozial verträglich ausgestaltet werden“¹⁵. Für die behandelte Problemstellung interessieren vor allem die Regelungen zur Teilzeitarbeit, dort insb. die Regelungen des §4 BeschFG.

⁷ Diese soll den Tarifvertragsparteien und - unter bestimmten Voraussetzungen auch den Betriebspartnern - im Interesse eines praxisnahen, sachgerechten und effektiven Arbeitszeitschutzes bei der Arbeitszeitgestaltung mehr Befugnisse und mehr Verantwortung als bisher übertragen. Vgl. DEUTSCHER BUNDESTAG UND BUNDES RAT (1993), S. 1.

⁸ Vgl. BUNDES MINISTER DER JUSTIZ (1985), S. 710

⁹ Vgl. BUNDES MINISTER DER JUSTIZ (1989), S. 2406; (1994), S. 1790. Bzgl. eines Überblicks zur Entstehungsgeschichte des Gesetzes RESTLE/ROCKSTROH (1994), S. 15.

¹⁰ Vgl. BUNDES MINISTER DER JUSTIZ (1996), S. 1478.

¹¹ Man wollte dadurch „die seit längerem schwierige Beschäftigungslage ... verbessern“ DEUTSCHER BUNDESTAG UND BUNDES RAT (1984), S. 14; (1984a), S. 15.

¹² Vgl. §1 BeschFG.

¹³ Vgl. §§ 2 - 6 BeschFG.

¹⁴ DEUTSCHER BUNDESTAG UND BUNDES RAT (1984), S. 14. Analysen empirischer Untersuchungen tun sich schwer, solche Effekte in größerem Umfang aufzuzeigen und den Regelungen des BeschFG zuzuschreiben. Vgl. z.B. BURGBACHER/HARTWIG/LIEBAU (1989), BÜCHTEMANN (1990), S. 403 - 406; HÖLAND (1990), S. 272; LINNE/VOSWINKEL (1990), S. 300; BIELENSKI (1994); KRAFT (1996), anders HAGEDORN (1989), S. 320, RESTLE/ROCKSTROH (1994), S. 17f. Vgl. zu frühen Erhebungen kritisch HÄFELE (1988), S. 33 - 52.

¹⁵ DEUTSCHER BUNDESTAG UND BUNDES RAT (1984), S. 14

3.1.2. Tarifliche und betriebliche Regelungen

Neben den gesetzlichen Regelungen wird das Arbeitsrecht stark von den kollektivrechtlichen Regelungen der Tarif- und Betriebspartner gestaltet. Deren Regelungsbezugnis ergibt sich aus dem Verhältnis der gesetzlichen zu den tariflichen sowie der tariflichen zu den betrieblichen Bestimmungen.

Das Verhältnis zwischen den gesetzlichen und tariflichen Regelungen wird durch die ein- bzw. zweiseitig zwingende oder die dispositiven Wirkung des Gesetzestextes bestimmt. Einseitig zwingende Normen liegen vor, wenn der Gesetzgeber nur die Grundstrukturen des Rechtsverhältnisses festlegen möchte. Sie gewähren den Arbeitnehmern einen vertraglich nicht ausschließbaren Mindestschutz, durch kollektiv- und einzelvertragliche Regelungen können diese günstiger gestaltet werden¹⁶. Der einseitig zwingende Charakter einer Norm ist der Wortwahl des Gesetzes zu entnehmen. Zweiseitig zwingende Normen liegen vor, wenn der Gesetzgeber nicht nur die Struktur, sondern auch den Regelungsinhalt festlegen möchte. Regelungen dieses Charakters sind nicht änderbar und für solche Sachverhalte relevant, die per se als günstigkeitsneutral verstanden werden¹⁷. Ihr zweiseitig zwingender Charakter wird aufgrund der Interpretation des Gesetzeszwecks erkannt. Dispositive Normen liegen vor, wenn der Gesetzgeber den Regelungsinhalt den Tarifpartnern „zur Verfügung“ stellen möchte. Sie sind für die Bereiche relevant, bzgl. derer der Gesetzgeber davon ausgeht, daß die Tarifpartner die Situation besser einschätzen können (größere Sachnähe) und aufgrund einer annähernden Chancengleichheit bei den Vertragsverhandlungen zu einem angemessenen Interessenausgleich gelangen¹⁸. Die i.d.R. offen¹⁹ erkennbare Tarifdispositivität erlaubt den Tarifvertragsparteien, in speziellen Fällen aufgrund eines Tarifvertrages den Betriebspartnern, nicht aber den Einzelvertragspartnern, auch zuungunsten des Arbeitnehmers von den gesetzlichen Regelungen abzuweichen²⁰. Für die bearbeitete Problemstellung relevante, tarifdispositive Regelungen finden wir in den §§7, 12 ArbZG und §6 BeschFG.

Das Verhältnis zwischen den tariflichen und betrieblichen Regelungen wird - neben den bereits angesprochenen Zusammenhängen - vor allem durch die §§77 (3), 87 (1) BetrVG und durch die Rechtsprechung reglementiert. So normiert §77 (3) Satz 1

¹⁶ Vgl. SCHMID/TRENK-HINTERBERGER (1994), S. 49, ZÖLLNER/LORITZ (1998), S. 66. Eine einseitig zwingende Norm ist §3 (1) BUrIG in Verbindung mit §13 (1) BUrIG.

¹⁷ Dazu zählen z.B. betriebsverfassungsrechtliche Organisationsnormen, für welche angenommen wird, daß es zwar andere, aber nicht günstigere Organisationsnormen gibt. Vgl. ZÖLLNER/LORITZ (1998), S. 399.

¹⁸ Vgl. zu diesen Annahmen kritisch z.B. SCHÜREN/ZACHERT (1988), S. 246f., 249.

¹⁹ Die Möglichkeit verdeckt tarifdispositiven Rechts, welches nicht explizit im Gesetz als solches gekennzeichnet ist, ist umstritten und soll vor allem für ältere Vorschriften gelten.

²⁰ Vgl. z.B. DAUBLER (1993), S. 125 - 127; SCHMID/TRENK-HINTERBERGER (1994), S. 49f.; ZÖLLNER/LORITZ (1998), S. 66f.

BetrVG einen Vorrang des Tarifvertrages für Arbeitsentgelte und andere materielle Arbeitsbedingungen; selbst bei bloßer Tarifüblichkeit gibt er eine Regelungssperre für Betriebsvereinbarungen vor²¹. §87 (1) BetrVG regelt die Mitbestimmungsrechte des Betriebsrats, sofern eine gesetzliche oder tarifliche Regelung nicht besteht. Und genau aus diesem Paragraphen entwickelt dann das Bundesarbeitsgericht seine Vorrangtheorie des §87 (1) BetrVG gegenüber §77 (3) Satz 1 BetrVG. Es argumentiert - in ständiger Rechtsprechung und entgegen erheblichen Einwänden²² - daß §87 (1) BetrVG aufgrund seines Eingangssatzes gegenüber §77 (3) Satz 1 BetrVG als *lex specialis* zu verstehen sei. Dadurch bleiben die Mitbestimmungsrechte des Betriebsrates bei bloßer Tarifüblichkeit bestehen, ergänzende Betriebsvereinbarungen sind zulässig²³. Relativ unproblematisch ist dagegen die Zulässigkeit ergänzender Betriebsvereinbarungen, wenn die Tarifvertragsparteien ihren Abschluß ausdrücklich zulassen²⁴. Üblich sind eingeschränkte Öffnungsklauseln, welche abweichende Betriebsvereinbarungen nur unter bestimmten Voraussetzungen vorsehen²⁵ sowie Korridorlösungen, in denen die Tarifvertragsparteien auf betrieblicher Ebene auszufüllende Rahmen oder Korridore vereinbaren²⁶. Umfassende Öffnungsklauseln, welche für abweichende Betriebsverein-

-
- 21 Verfolgtes Ziel ist, die verfassungsrechtlich geschützte Tarifautonomie gegen Aushöhlung oder jedenfalls Bedeutungsminde- rung durch die verfassungsrechtlich ungeschützte Betriebsautonomie zu schützen. Vgl. WALKER (1996), S. 373 sowie die dort angegebene Literatur; ähnlich ZÖLLNER/LORITZ (1998), S. 538 - 540. Vgl. bzgl. der praktischen Durchsetzungsprobleme der Regelungssperre DÄUBLER (1993), S. 472 - 476; bzgl. der Tatsache, daß diese in der Praxis vielfach ignoriert wird z.B. KISSEL (1986), S.77; KIRCHNER (1994), S. 171; LINNENKOHL (1994), S. 2078 - 2080, EICH (1995), S. 150; WALKER (1996), S. 356.
- 22 Vgl. kritisch z.B. LIEB (1994a), S. 341; HEINZE (1995), S. 6; WALKER (1996), S. 356 - 358 sowie die dort angegebene Literatur. Bestätigend REUTER (1994), S. 166; SCHMID/TRENK-HINTERBERGER (1994), S. 334; WELSLAU (1997), S. 38f.
- 23 Vgl. BUNDESARBEITSGERICHT (1987), S. 640f., (1992), S. 319f. (am Bsp. einer Betriebsvereinbarung über die Lage und Verteilung der Arbeitszeit), (1992a), S. 752 - 754, (1993), S. 231 sowie KISSEL (1995), S. 4f.
- 24 Vgl. §77 (3) Satz 2 BetrVG; §4 (3) TVG.
- 25 Vgl. z.B. die in der ostdeutschen Metall- und Elektroindustrie (1993) vereinbarten Harteklauseln; vgl. bzgl. deren Umsetzungsprobleme (insb. bzgl. der Feststellung der tatbestandlichen Voraussetzung für eine Öffnung) z.B. LIEB (1994), S. 291; LINNENKOHL (1994), S. 2081f. Ähnlich die Tarifverträge zur Beschäftigungssicherung, in denen durch freiwillige Betriebsvereinbarung die regelmäßige wöchentliche Arbeitszeit auf eine Dauer von unter 36 (35) bis 30 (29) Stunden festgelegt werden kann, wenn betriebsbedingte Kündigungen ausgeschlossen sind. Vgl. z.B. DAG LANDESVERBAND BADEN-WÜRTTEMBERG/VERBAND DER DEUTSCHEN SCHMUCK- UND SILBERWARENINDUSTRIE E.V./EDELMETALLINDUSTRIEVERBAND E.V./UHRENINDUSTRIEVERBAND PFORZHEIM E.V. (1994), 1.1, 1.2; DAG LANDESVERBAND BERLIN UND BRANDENBURG/VERBAND DER METALL- UND ELEKTROINDUSTRIE IN BERLIN UND BRANDENBURG E.V. (1994), 1.1, 1.2; DAG LANDESVERBAND NIEDERSACHSEN-BREMEN/VERBAND DER METALLINDUSTRIELLEN NIEDERSACHSEN E.V. (1995), §2 (1), (2).
- 26 Vgl. bzgl. der erstmaligen Formulierung einer solche Korridorlösung die Regelungen des Leber-

barungen weder Voraussetzungen noch Rahmen oder Korridore vorschreiben, werden als untauglich abgelehnt; sie wären „nicht mehr als eine unverbindliche Empfehlung, die weder Schutz- noch Ordnungsfunktion hätte ...“²⁷.

Bzgl. der Relevanz tariflicher und betrieblicher Regelungen ist zu beachten, daß Tarifverträge in den hier behandelten Inhaltsnormen rechtlich unabdingbar²⁸ nur für den betrieblich betrachteten kleineren Kreis der tarifgebundenen²⁹ Arbeitnehmer gelten, Betriebsvereinbarungen dagegen für alle Arbeitnehmer eines Betriebes unabdingbar gültig sind³⁰. Bzgl. ihrer Entstehung ist zu bedenken, daß die Arbeitnehmervertreter auf tariflicher Ebene mit mehr Macht (Streikrecht³¹) ausgestattet sind als der Betriebsrat auf betrieblicher Ebene (Arbeitskampfverbot für die Betriebspartner §74 (2) Satz 1 BetrVG); daß das organisierte Wissen der Gewerkschaften und der Arbeitgeberverbände dem Wissen des Betriebsrates und der Einzelarbeitgeber - z.B. um die Entwicklung flexibler Arbeitszeitmodelle - überlegen sein kann³² und daß den Betriebsratsmitgliedern häufig ein Eigeninteresse am Fortbestand genau „ihres“ Betriebes unterstellt wird³³.

Rüthers-Kompromisses 1984 der Metallindustrie in z.B. SIEBEL (1984), S. 12 - 24; WEISSER (1984); bzgl. der Erfahrungen mit selbiger SIEBEL (1987), S. 79 - 86; PROMBERGER/TRINCZEK (1993), S. 106 - 112; bzgl. ähnlicher, aktueller Lösungen z.B. IG CHEMIE-PAPIER-KERAMIK/BUNDESARBEITGEBERVERBAND CHEMIE E.V. (1992), Manteltarifvertrag §2 I 3. „Für einzelne Arbeitnehmergruppen kann im Einvernehmen zwischen Arbeitgeber und Betriebsrat abweichend von der regelmäßigen tariflichen wöchentlichen Arbeitszeit eine bis zu zwei Stunden längere oder kürzere regelmäßige Arbeitszeit festgelegt werden.“ 1994 im betrieblichen Geltungsbereich und in der Höhe der Abweichungsmöglichkeit (bis zu zweieinhalb Stunden) erweitert, am 19.12.1996 bestätigt (vgl. BUNDESARBEITGEBERVERBAND CHEMIE E.V. (1997), Manteltarifvertrag §2 I 3).

²⁷ WALKER (1996), S. 361. Vgl. ergänzend LIEB (1994), S. 289 - 292.

²⁸ Vgl. zur Unterteilung des Tarifvertrages in einen normativen und schuldrechtlichen Teil, in Inhalts-, Abschluß- und Beendigungs- sowie Betriebs- und betriebsverfassungsrechtliche Normen z.B. ZÖLLNER/LORITZ (1998), S. 385 - 394. Zur die unmittelbare und zwingende Wirkung der Tarifnormen umfassende Unabdingbarkeit derselben z.B. SCHMID/TRENK-HINTERBERGER (1994), S. 234.

²⁹ Vgl. zur Tarifgebundenheit §3 TVG, erläuternd z.B. SÖLLNER (1994), S. 141f.; DAUBLER (1993), S. 122f.; SCHMID/TRENK-HINTERBERGER (1994), S. 227 - 229; ZÖLLNER/LORITZ (1998), S. 394 - 398, 411 - 414. In der Praxis behandeln tarifgebundene Arbeitgeber ihre Arbeitnehmer ohne Rücksicht auf Gewerkschaftszugehörigkeit i.d.R. gleich, vgl. ZÖLLNER/LORITZ (1998), S. 68.

³⁰ Vgl. z.B. WEISS (1980), S. 207; SÖLLNER (1994), S. 201; FITTING/AUFFARTH u.a. (1992), S. 979, 977.

³¹ Vgl. zur Rechtsgrundlage des Streiks z.B. SCHMID/TRENK-HINTERBERGER (1994), S. 264f.; ZÖLLNER/LORITZ (1998), S. 451f.

³² Vgl. WALKER (1996), S. 359.

³³ Vgl. zur weiteren Diskussion um die Vor- und Nachteile betrieblicher Regelungen, wie z.B. die Abhängigkeit eines weniger starken Betriebsrates vom Arbeitgeber und die damit verbundene

3.2. Regelungen zur stundenbezogenen Arbeitszeit für den Planungszeitraum Tag (shift-scheduling)

3.2.1. Regelungen zur Arbeits- und zur Pausenzeit

§2 (1) ArbZG definiert Arbeitszeit als „die Zeit vom Beginn bis zum Ende der Arbeit ohne die Ruhepausen“. Dabei legt der Bezug der Zeit auf den Begriff der Arbeit fest, daß - im Gegensatz zu §4 (1) JArbSchG³⁴ - der Arbeitnehmer „zumindest am Anfang und am Ende der Arbeitszeit mit einer abhängigen Arbeit im wirtschaftlichen Sinne beschäftigt werden“³⁵ muß. Wir nutzen diese Notwendigkeit, um in den Planungsmodellen den Arbeitszeitbeginn der Arbeitskräfte anhand der Periode ihres ersten Einsatzes im Leistungsprozeß zu erkennen. Der zweite Teil der gesetzlichen Definition - die Nichtberücksichtigung der Ruhepausen - verlangt eine Abgrenzung der von den Arbeitskräften zur Verfügung gestellten Arbeitszeit von der Anwesenheitszeit. Die Arbeitszeit beschreibt die zeitliche Dauer und Lage, während der die Arbeitskraft produktiv eingesetzt werden kann³⁶. Die Anwesenheitszeit umfaßt die Arbeitszeit zuzüglich der (unproduktiven, unbezahlten) Pausenzeit³⁷.

Die §§3, 4 ArbZG enthalten Regelungen zur Chronometrie der Arbeitszeit (tägliche Arbeitszeitdauer, Obergrenze, Ausgleichszeiträume) sowie zur Chronometrie und Chronologie der Pausenzeit. Bzgl. der Mindestdauer der täglichen Arbeitszeit orientieren wir uns am - tarifdispositiven - §4 (3) BeschFG. Abbildung 3 zeigt einleitend eine grafische Aufbereitung dieser Regelungen.

Gefahr von teuren Kopplungsgeschäften sowie die vielfach zitierte Gefährdung des sozialen Friedens in den Unternehmen z.B. KISSEL (1986), S.78 - 80; REUTER (1988) S. 44 - 47; ADOMEIT (1996), S. 57f.; WALKER (1996), S. 360.

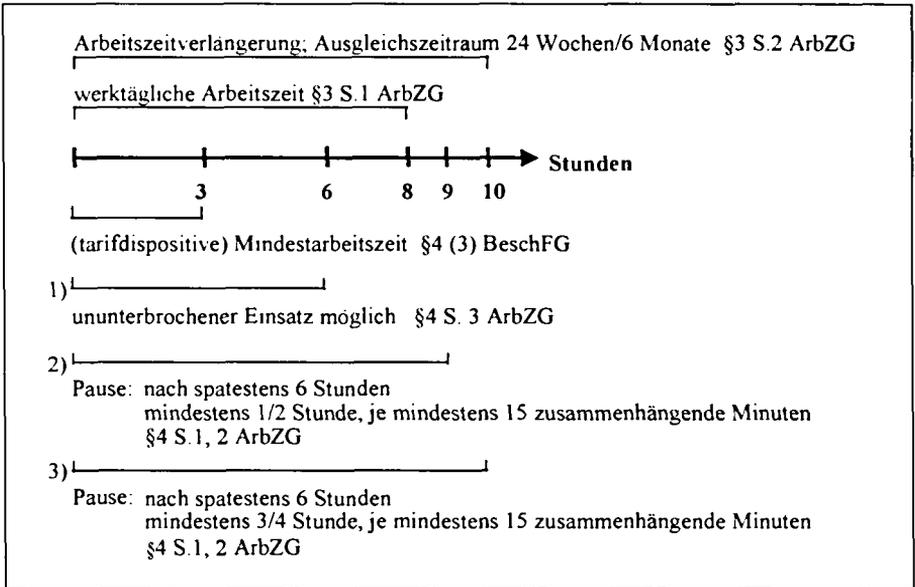
³⁴ In §4 (1) JArbSchG erfolgt der Bezug der Zeit auf die Beschäftigung. Dadurch wird auch die Zeit des Wartens auf Arbeit am Arbeitsplatz, die Zeit des Bereitschaftsdienstes und die Zeit, in der Jugendliche ausgebildet werden, mit zur Arbeitszeit gezählt (vgl. DEUTSCHER BUNDESTAG UND BUNDES RAT (1974), S. 27).

³⁵ ZMARZLIK/ANZINGER (1995), S. 75.

³⁶ Wir wollen im folgenden - unter Vernachlässigung der Einsatzalternativen Schulung und Leihe - auch dann von einem produktiven Einsatz im Leistungsprozeß sprechen, wenn dieser zu einer zeitlich befristeten - Personalüberausstattung führt. Vgl. zur Berücksichtigung der hier vernachlässigten Einsatzalternativen KOSSBIEL (1992b), Sp. 1655; (1993), Sp. 3132 sowie weitere Aufsätze desselben.

³⁷ Vgl. zur Differenzierung gesetzlich geregelter Ruhepausen (§4 S. 2 ArbZG) und Kurzpausen, sowie zu deren Formen, Funktionen und Wirkungen auf die Arbeitsleistung z.B. SPERLING (1987), S. 508 - 510; HAHN (1989), S. 189; WINDERLICH (1990); REFA - VERBAND FÜR ARBEITSSTUDIEN UND BETRIEBSORGANISATION E.V. (1992), S. 340 - 345; SAXENHOFER (1993), S. 317 - 327.

Abb. 3: Regelungen zur werktäglichen Arbeitszeit und zur Ruhepause



Die Dauer der werktäglichen Arbeitszeit beträgt i.d.R. acht Stunden (§3 Satz 1 ArbZG), sie darf zehn Stunden (§3 Satz 2 ArbZG) nicht überschreiten (Obergrenze). Die Obergrenze hat grundsätzlich³⁸ zwingenden Charakter. Eine werktägliche Mindestarbeitszeit ist im ArbZG nicht festgelegt. Die hier hinzugezogene (Sonder-)Regelung in §4 (3) BeschFG wurde zur Begrenzung der Arbeitszeitform „Kapovaz“ geschaffen. Sie ist tarifdispositiv, so daß von ihr durch Tarifvertrag zuungunsten des Arbeitnehmers abgewichen werden kann (§6 (1) BeschFG)³⁹. Die Annahme einer werktäglichen Mindestarbeitszeitdauer von drei Stunden für alle Formen flexibler Arbeitszeiten entspricht dennoch dem gesetzgeberischen Ziel des BeschFGs, welches unangemessene Belastungen für die Arbeitnehmer, z.B. durch lange Wegzeiten oder Schwierigkeiten bei der Nutzung der verbleibenden Zeit, vermeiden möchte⁴⁰. Zusätzlich ist

³⁸ Vgl. ZMARZLIK/ANZINGER (1995), S. 99. Abweichende Regelungen auf Basis eines Tarifvertrags sind bei Arbeitsbereitschaft zulässig (§7 (1) 1.a) ArbZG). Für Sonn- und Feiertagsbeschäftigung in Verkaufsstellen sieht §17 (2) LadenschlußG eine Obergrenze von acht Stunden vor. Eine bis zu zwölf Stunden umfassende Arbeitszeit erlaubt §12 (4) ArbZG in vollkontinuierlichen Schichtbetrieben an Sonn- und Feiertagen, wenn dadurch zusätzliche freie Schichten an Sonn- und Feiertagen erreicht werden.

³⁹ Vgl. zur dispositiven Wirkung dieser Regelung und zur Möglichkeit individuell vereinbarter Abweichungen DÜTTMANN u.a. (1985), S. 72; MAGER u.a. (1985), S. 130; MAYER (1985), S. 229; HANAU (1987), S. 28; kritisch KLEVEMANN (1986), S. 109, (1986a), S. 162.

⁴⁰ Vgl. WLOTZKE (1984), S. 219; SCHÜREN (1985), S. 363; KLEVEMANN (1986), S. 109

die Annahme einer arbeitstäglichen Mindestarbeitszeit mit vielen tariflichen und betrieblichen Regelungen belegbar⁴¹. Wir betrachten für die tägliche Arbeitszeitdauer folgende Restriktionen:

- Die Einsatzdauer darf täglich 3 Stunden nicht unterschreiten (Untergrenze).
- Die Einsatzdauer darf täglich 10 Stunden nicht überschreiten (Obergrenze).

Die von der Arbeitszeitdauer abhängige Chronometrie und Chronologie der Ruhepausen wird in §4 ArbZG geregelt. Dessen Planungsrelevanz analysieren wir vor dem Hintergrund der vereinfachenden Annahme halbstündiger Planungsabschnitte⁴² und der der gesetzgeberischen Intention entsprechenden Annahme, daß die Mindestbedingungen auch als Höchstbedingungen zu interpretieren sind⁴³. Für die chronometrische Dimension führt dies dazu, daß Ruhepausen stets nur in (zusammenhängender) halbstündiger Dauer oder einem Vielfachen derselben gewährt werden. Die gesetzliche Regelung, daß Ruhepausen in Zeitabschnitten von jeweils mindestens 15 Minuten auf-

-
- ⁴¹ Vgl. z.B. IG CHEMIE-PAPIER-KERAMIK/IG BERGBAU, CHEMIE, ENERGIE/VEREINIGUNG DER ARBEITGEBERVERBÄNDE DER DEUTSCHEN PAPIERINDUSTRIE E.V. (1994), Tarifvertrag über Teilzeitarbeit, §5 „Die arbeitstägliche Arbeitszeit des Teilzeitarbeitnehmers beträgt nicht weniger als vier Stunden ...“; IBM INFORMATIONSSYSTEME GMBH/DAG (1996), Tarifvertrag §6.2 „Die tägliche Arbeitszeit ohne Pausen darf ... 3 Stunden nicht unterschreiten.“; IG TEXTIL-BEKLEIDUNG/BUNDESVEREINIGUNG DER ARBEITGEBER IM BUNDESVERBAND BEKLEIDUNGSINDUSTRIE E.V. (1996), Arbeitszeit 6. „... darf die tägliche Arbeitszeit vier unmittelbar aufeinanderfolgende Stunden nicht unterschreiten.“; GEWERKSCHAFT HBV (1997), „soll ... die tägliche Arbeitszeit in der Regel 3 Stunden nicht unterschreiten“ S. 32f., „täglich (zusammenhängend) 4 Stunden“ S. 29 - 31, 33 - 35; VERBAND DER METALL- UND ELEKTRO-UNTERNEHMEN HESSEN E.V (1997), §2 2. (2) „Teilzeitarbeit soll ... so gestaltet werden ..., daß die tägliche Arbeitszeit mindestens 3 Stunden beträgt und zusammenhängend erbracht werden kann.“ HERAEUS HOLDING GMBH/BETRIEBSRAT DER BETRIEBSSTÄTTE HERAEUSSTRASSE (1995), Betriebsvereinbarung 3.3 „Tägliche Mindestarbeitszeit ... beträgt, sofern nicht ... eine abweichende Zeitspanne festgelegt wird, für vollzeitbeschäftigte Arbeitnehmer arbeitstäglich 4 Stunden“. Vgl. ergänzend den Überblick bei BISPINCK (1993), S. 94, 98, 100.
- ⁴² Die Annahme halbstündiger Planungsabschnitte dient der Reduktion der Zahl zu planender Perioden und der daraus resultierenden Variablenzahl. Letztere hat in den zu formulierenden Modellen einen erheblichen Einfluß auf die Lösbarkeit derselben (vgl. auch Kap. 5.2).
- ⁴³ Intention des Gesetzgebers ist es, die Wünsche der Arbeitnehmer, die Anwesenheit im Betrieb durch Pausen nicht über Gebühr zu verlängern, zu berücksichtigen. Vgl. DEUTSCHER BUNDESTAG UND BUNDESARBEITGEBERVERBAND CHEMIE E.V. (1992), Manteltarifvertrag, III. 6. „Die Gewährung von Pausen darf nicht zu unzumutbaren Mehrbelastungen einzelner beteiligter Arbeitnehmer ... führen.“; GEWERKSCHAFT HBV (1997), S. 1, 3, 11: „Aus Anlaß der Spätoffnungsarbeit ... darf das bisherige tägliche Pausenvolumen ... nicht gegen den Willen der Beschäftigten verändert werden ...“. Vgl. zur Vertretbarkeit längerer Pausen bei branchenüblichen Unterbrechungs- bzw. Schließungszeiten, z.B. in Gaststätten und im Verkauf, ZMARZLIK/ANZINGER (1995), S. 122.

geteilt werden können (§4 Satz 2 ArbZG; Punkt 2), 3) der Abbildung 3), kann in ihrer Flexibilität nicht ausgeschöpft werden. Ähnliches gilt für die Regelung, daß ab einer Arbeitszeit von mehr als 9 Stunden mindestens 45 Minuten Ruhepause gewährt werden müssen (§4 Satz 1 ArbZG; Punkt 3) der Abbildung 3); diese erhöht sich aufgrund der Planungsannahmen auf 60 Minuten, welche zusammenhängend (1 Stunde) oder in zwei Teilstücken (2 x 30 Minuten) eingeplant werden können. Bzgl. der Lage der Ruhepausen sagt das Gesetz lediglich aus, daß Arbeitnehmer nicht länger als sechs Stunden ohne Ruhepause beschäftigt werden dürfen (§4 Satz 3 ArbZG). Mittelbar ist §4 Satz 1 ArbZG „Die Arbeit ist ... zu unterbrechen“ zu entnehmen, daß die Arbeitszeit einer Arbeitskraft nicht mit einer Pause beginnen oder mit einer solchen enden kann⁴⁴. Verbunden mit den Ausführungen zur Dauer der Arbeitszeit implizieren diese Interpretationen des Gesetzestextes folgende in den Planungsmodellen zu erfassende Restriktionen. Die Lagerrestriktionen der Pausen werden in Kapitel 3.2.2 expliziert.

- Wenn die Arbeitszeitdauer maximal 6 Stunden beträgt, MUSS keine Pause eingeplant werden (vgl. 1) der Abb. 3).
- Wenn die Arbeitszeitdauer mehr als 6 und bis zu 9 Stunden beträgt, MUSS nach 6 Stunden Arbeitszeitdauer eine Pause* eingeplant werden; nach einer 0,5 - 5,5 stündigen Arbeitszeitdauer KANN eine Pause eingeplant werden; wenn eine Pause eingeplant ist, darf keine zweite eingeplant werden (vgl. 1), 2) der Abb. 3).
- Wenn die Einsatzdauer mehr als 9 Stunden beträgt, MUSS nach 6 Stunden Arbeitszeitdauer mindestens eine und DÜRFEN höchstens zwei Pausen eingeplant werden; nach einer 0,5 - 5,5 stündigen Arbeitszeitdauer KANN eine und DÜRFEN höchstens zwei Pausen eingeplant werden; in Summe müssen genau zwei Pausen eingeplant werden (vgl. 3) der Abb. 3).

Für alle Fälle gilt: nach einer Pause darf nicht mehr als 6 (zusammenhängende) Stunden gearbeitet werden. * 1 Pause = 30 Minuten

3.2.2. Bestimmung der Chronologie der Pausenzeit

Personalplanerisch bedeutsam ist, daß die Chronologie der Ruhepausen gesetzlich nur über einen Bezug zur Arbeitszeitdauer (nach spätestens 6 Stunden), nicht aber anhand eines definierten Zeitpunktes oder -raumes⁴⁵ angegeben wird. Der Lagerrahmen recht-

⁴⁴ Vgl. ZMARZLIK/ANZINGER (1995), S. 122 sowie die Ausführungen am Anfang dieses Kapitels zur Definition von Arbeitszeit.

⁴⁵ Vgl. in Einzelfällen tariflich oder betrieblich anders THYSSEN INDUSTRIE AG HENSCHEL, KASSEL/ABB HENSCHEL LOKOMOTIVEN GMBH (1991), Betriebsvereinbarung Gleitende Arbeitszeit, 5.2 „Die Mittagspause ... liegt in der Zeit zwischen 12.00 und 13.00 Uhr.“; HULS AG (1996), Gesamtbetriebsvereinbarung, § 9 I 2. „Bei Mitarbeitern, die pro Arbeitstag bis zu 9 Stunden arbeiten, wird in der Zeit von 11.30 Uhr bis 14.00 Uhr eine Mittagspause von mindestens 30 Minuten in Abzug gebracht.“, IG MEDIEN HAUPTVORSTAND/HAUPTVER-

lich zulässiger Ruhepausen ist somit in Abhängigkeit von der Arbeitszeitdauer und der Periode des Anwesenheitsbeginns abzuleiten. Wir definieren folgende Symbole:

Datum

\overline{A}_k := Anwesenheitsdauer (Arbeitszeitdauer und Pausendauer) der Arbeitszeitkategorie⁴⁶ k, gemessen in Perioden (halbstündige Abschnitte)

\overline{AD}^{\max} := maximal zulässige zusammenhängende Arbeitszeitdauer, gemessen in Perioden (halbstündige Abschnitte)

Indices

s' := Periode (halbstündiger Abschnitt), in der die Anwesenheitsdauer beginnt

s^* := Periode (halbstündiger Abschnitt), in der die Pause vorgesehen ist

s^a := erste Periode (halbstündiger Abschnitt), in der unter Einhaltung der Zulässigkeit des resultierenden Arbeitszeitmusters eine Pause vorgesehen werden kann

s^b := letzte Periode (halbstündiger Abschnitt), in der unter Einhaltung der Zulässigkeit des resultierenden Arbeitszeitmusters eine Pause vorgesehen werden kann

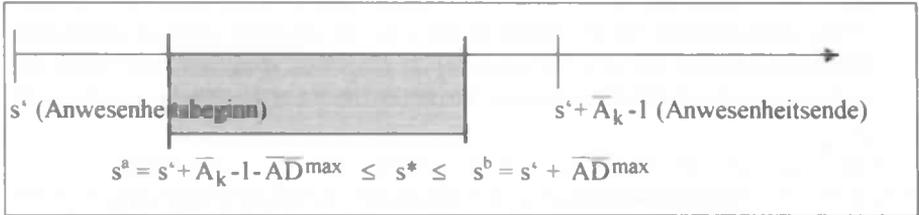
Für Arbeitszeiten mit einer Dauer zwischen 6,5 und 9 Stunden ist nur eine Pause zu gewähren. Für die Bestimmung der zulässigen Lagegrenzen dieser Pause gilt gemäß den Ausführungen in Kapitel 3.2.1 folgender Zusammenhang: Die letzte Periode, in der die Pause liegen kann (s^b), ist die Periode, die der maximal zulässigen zusammenhängenden Arbeitszeitdauer (\overline{AD}^{\max}) folgt. Sie ist abhängig von der Periode, in der die Anwesenheitsdauer beginnt (s'); wir können sie wie folgt erfassen: $s^b = s' + \overline{AD}^{\max}$. Die erste Periode, in der die Pause liegen kann (s^a), ist die Periode, der die maximal zulässige zusammenhängende Arbeitszeitdauer folgt. Dazu bestimmen wir zunächst die Periode, in der die Anwesenheitsdauer endet ($s' + \overline{A}_k - 1$) und subtrahieren von dieser die maximal zulässige zusammenhängende Arbeitszeitdauer (\overline{AD}^{\max}). Den resultierenden Lagekorridor zulässiger Pausen zeigt Abbildung 4 (graue Schraffur)⁴⁷.

BAND DER PAPIER, PAPPE UND KUNSTSTOFFE VERARBEITENDEN INDUSTRIE E.V. (1997), Manteltarifvertrag, §3 3. „Wird an einem Tag Mehrarbeit von mindestens zwei Stunden geleistet [die Arbeitszeit beträgt dann mindestens 9 Stunden], so ist im Anschluß an die regelmäßige Arbeitszeit [diese umfaßt 7 Stunden] eine Pause von einer Viertelstunde ... zu gewähren“.

⁴⁶ Vgl. zu den Begriffen Arbeitszeitkategorie und Arbeitszeitmuster noch einmal Kap. 1.2.2

⁴⁷ Vgl. zur Integration dieser Überlegungen in die Modelle des shift-scheduling die Ausführungen in Kap. 4.2.2.2 und 4.2.3.2.

Abb. 4: Periodenbestimmte Lagegrenzen zulässiger Pausen bei einer Arbeitszeitdauer von 6,5 bis 9 Stunden



Für Arbeitszeiten mit einer Dauer von 9,5 und 10 Stunden sind zwei Pausen zu gewähren. Für die Bestimmung ihrer zulässigen Lagegrenzen führen wir folgende zusätzliche Symbole ein:

s^*_1/s^*_2 := Periode (halbstündiger Abschnitt), in der die erste/zweite Pause vorgesehen ist

s^a_1/s^a_2 := erste Periode (halbstündiger Abschnitt), in der unter Einhaltung der rechtlichen Vorschriften die erste/zweite Pause vorgesehen werden kann

s^b_1/s^b_2 := letzte Periode (halbstündiger Abschnitt), in der unter Einhaltung der rechtlichen Vorschriften die erste/zweite Pause vorgesehen werden kann

Die erste Pause kann frühestens in der Periode vorgesehen werden, die der Periode, in der die Anwesenheitsdauer beginnt, folgt ($s^a_1 = s' + 1$)⁴⁸. Sie muß spätestens in der Periode vorgesehen werden, die der maximal zulässigen zusammenhängenden Arbeitszeitdauer folgt ($s^b_1 = s' + \overline{AD}^{\max}$)⁴⁹. Komplizierter stellt sich der Lagekorridor der zweiten Pause dar. Ihre Lage hängt ab von der Lage der ersten Pause (s^*_1), dem Einsatzbeginnzeitpunkt (s'), der Anwesenheitsdauer (\bar{A}_k) und der maximalen zusammenhängenden Arbeitszeitdauer (\overline{AD}^{\max}). Im einzelnen gestalten sich ihre Lagegrenzen wie folgt:

- Die zweite Pause muß der ersten folgen, d.h. sie kann frühestens in der Periode $s^a_2 = s^*_1 + 1$ liegen. Zusätzlich darf nach der zweiten Pause nicht mehr als die ma-

⁴⁸ Dies gewährleistet die Unterbrechung der Arbeit (vgl. §4 S.1 ArbZG), sagt aber nichts darüber aus, ob eine solche Pausenlage wünschenswert ist. Bei der Betrachtung einer Arbeitszeitdauer von 6,5 bis 9 Stunden war die Unterbrechung der Arbeit durch die Einmaligkeit einer Pause und die auf maximal sechs zusammenhängende Stunden begrenzte Arbeitszeitdauer implizit gewährt.

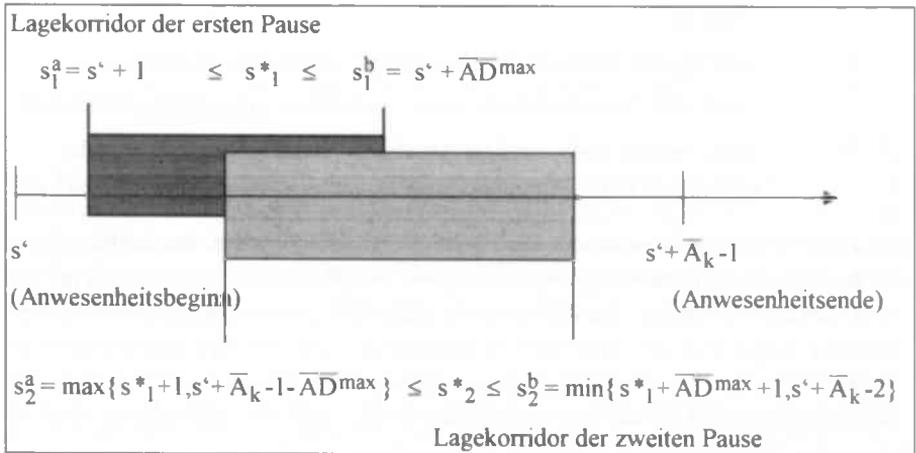
⁴⁹ Identisch mit s^b im Falle nur einer zu gewährenden Pause.

ximal zulässige zusammenhängende Arbeitszeitdauer vorgesehen werden:
 $s_2^a = s' + \bar{A}_k - 1 - \overline{AD}^{\max 50}$.

- Zwischen den beiden Pausen darf nicht mehr als die maximal zulässige zusammenhängende Arbeitszeitdauer liegen, d.h. die zweite Pause muß spätestens in der Periode $s_2^b = s^*_1 + \overline{AD}^{\max} + 1$ liegen. Zusätzlich muß sie die Arbeit unterbrechen:
 $s_2^b = s' + \bar{A}_k - 2$.

Fügen wir die beiden Bedingungen der jeweils frühesten und spätesten Lage der zweiten Pause zusammen und kombinieren sie mit den Lagegrenzen der ersten Pause, ergeben sich folgende, in Abbildung 5 dargestellte Lagegrenzen zulässiger Pausen bei einer Arbeitszeitdauer von 9,5 und 10 Stunden.

Abb. 5: *Periodenbestimmte Lagegrenzen zulässiger Pausen bei einer Arbeitszeitdauer von 9,5 und 10 Stunden*



Die Ausführungen oberhalb des Zeitstrahls beziehen sich zusammen mit der dunklen Schraffur auf den Lagekorridor der ersten Pause, die Ausführungen unterhalb des Zeitstrahls beziehen sich zusammen mit der hellen Schraffur auf den Lagekorridor der zweiten Pause. Die Maximum-Bedingung der frühesten Lage der zweiten Pause stellt sicher, daß die zweite Pause nicht vor der ersten gewährt wird bzw. daß nach der zweiten Pause nicht mehr als die maximal zulässige zusammenhängende Arbeitszeitdauer gearbeitet wird. Die Minimum-Bedingung der spätesten Lage der zweiten Pause stellt sicher, daß die zweite Pause spätestens nach der der ersten Pause folgenden, maximal zulässigen zusammenhängenden Arbeitszeitdauer, gewährt wird, die Pause

⁵⁰ Identisch mit s^a im Falle nur einer zu gewährenden Pause.

aber vor dem Anwesenheitsende liegt. Im sich überlappenden Bereich der Lagekorridore kann die zweite Pause direkt im Anschluß an die erste Pause gewährt werden, es entsteht eine zusammenhängende einstündige Pause⁵¹. Von den gesetzlichen Regelungen abweichende Regelungen über die maximale Dauer der zusammenhängenden Arbeitszeit⁵² können mit Hilfe des entsprechenden Wertes für \overline{AD}^{\max} erfaßt werden. Ebenso können Pausen für Arbeitszeitdauern unter sechs Stunden integriert werden.

3.3. Regelungen zur tagesbezogenen Arbeitszeit für ein- und mehrwöchige Planungszeiträume (days-off-scheduling)

3.3.1. Gesetzliche Regelungen zu den Arbeitstagen

Das ArbZG regelt die Dauer und die Lage der wöchentlichen Arbeitstage - anders als §15 JArbSchG - nicht unmittelbar. Mittelbar läßt sich für die Chronometrie der Arbeitstage pro Woche aus dem Bezug des §3 (1) ArbZG auf die werktägliche Arbeitszeit eine grundsätzlich sechstägige Arbeitswoche ableiten⁵³. Dies wird durch §9 (1) ArbZG („Arbeitnehmer dürfen an Sonn- und gesetzlichen Feiertagen ... nicht beschäftigt werden“) und §11 (3) ArbZG („Werden Arbeitnehmer [aufgrund der Ausnahmeregelungen in §10 ArbZG] an einem Sonntag beschäftigt, müssen sie einen Ersatzruhetag haben ...“⁵⁴) bestärkt⁵⁵. Im Sonderfall des Vorliegens von Sonn- und Feiertagsarbeit kann sich eine (ausgleichende) siebentägige Wochenarbeitszeit ergeben. Die Chronologie der wöchentlichen Arbeitstage wird durch die Formulierungen des §3 ArbZG im Regelfall auf die Werkstage Montag bis Samstag fixiert. In den Sonderfällen der Sonn- und Feiertagsbeschäftigung wird sie gesetzlich insofern beschränkt, als §11 (1) ArbZG jährlich 15 beschäftigungsfreie Sonntage fordert⁵⁶ und der Ersatzruhetag für eine Sonntagsbeschäftigung innerhalb eines zweiwöchigen, für Feiertagsarbeit innerhalb eines achtwöchigen Zeitraums zu gewähren ist (§11 (3) ArbZG). Erst wiederum der Konzeption des §3 ArbZG ist zu entnehmen, daß der Ersatzruhetag ein Werktag sein soll⁵⁷.

⁵¹ Vgl. zur Integration dieser Überlegungen in die Modelle des shift-scheduling die Ausführungen in Kap. 4.2.2.3 und 4.2.3.3.

⁵² Wir konnten in den uns vorliegenden Tarifverträgen und Betriebsvereinbarungen keine Regelung über eine Verkürzung der maximalen zusammenhängenden Arbeitszeitdauer erkennen, erachten solche aber als durchaus möglich.

⁵³ Vgl. ZMARZLIK/ANZINGER (1995), S. 9, DOBBERAHN (1996), S. 54.

⁵⁴ Das gleiche gilt für eine Beschäftigung an einem auf einen Werktag fallenden Feiertag.

⁵⁵ Vgl. ZMARZLIK/ANZINGER (1995), S. 98, 236.

⁵⁶ Vgl. für den Bereich von Verkaufsstellen ergänzend §§10, 17 LadenschlußG. Nach diesen ist eine Beschäftigung in Verkaufsstellen, die an Sonn- und Feiertagen geöffnet haben dürfen, an jährlich höchstens 22 Sonn- und Feiertagen zulässig

⁵⁷ Vgl. ZMARZLIK/ANZINGER (1995), S. 338; ERASMY (1995), S. 103; DOBBERAHN (1996), S. 54.

Bzgl. der Dauer und der Lage der Arbeitstage eines mehrwöchigen Planungszeitraumes läßt der Wortlaut des Gesetzes rein rechnerisch einmalig 32, regelmäßig 18 zusammenhängende Arbeitstage zu⁵⁸. Ein Ergebnis, welches der Intention des Gesetzgebers sowie der Fürsorgepflicht⁵⁹ des Arbeitgebers nicht gerecht ist. Folgen wir der Intention des Gesetzgebers⁶⁰, ergeben sich maximal zwölf zusammenhängende Arbeitstage. Diese umfassen nach einem arbeitsfreien Montag zwölf Arbeitstage von Dienstag der ersten Woche bis Samstag der zweiten Woche sowie einen regulär arbeitsfreien Sonntag der zweiten Woche. Die resultierende Kollision des vom Sinn her Gemeinten mit dem vom Wortlaut her Möglichen wurde - nach unserer Erkenntnis - in der Literatur noch nicht diskutiert; gegebenenfalls wird es Aufgabe der Rechtsprechung sein, diese Regelungslücke zu schließen. Im weiteren kann der vom Gesetzgeber bewußt weit gefaßte Bezugsraum von 15 beschäftigungsfreien Sonntagen pro Jahr⁶¹ im Extremfall dazu führen, daß 37 Sonntage hintereinander gearbeitet werden⁶² während die restlichen Sonntage des Jahres beschäftigungsfrei sind. Über die Dauer und die Lage zusammenhängender Freizeittage trifft das Gesetz keine Aussage. Wir leiten für die tagesbezogenen Arbeitszeiten ein- und mehrwöchiger Planungszeiträume

58 Folgende Tabellen zeigen, wie sich diese Kombinationen ermitteln lassen:

Einmalig 32 zusammenhängende Arbeitstage																																								
1. Woche							2. Woche							3. Woche							4. Woche							5. Woche												
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7						
-	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x	S	x	x	x	x	x	x	S	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	-							

- = kein Einsatz/ x = Einsatz an einem Werktag/ X = Einsatz an einem Sonntag, ausgeglichen vor (nach) der 1.(5.) Woche/ S = Einsatz am Sonntag, ausgeglichen durch freien Montag (Samstag) der 1.(5.) Woche. Der Sonntag der 5. Woche ist disponibel.

Regelmäßig 18 zusammenhängende Arbeitstage																																							
1. Woche							2. Woche							3. Woche							4. Woche							5. Woche											
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7					
-	x	x	x	x	x	S	x	x	x	x	x	x	S	x	x	x	x	x	-																				

- = kein Einsatz/ x = Einsatz an einem Werktag/ S = Einsatz an einem Sonntag, ausgeglichen durch freien Montag(Samstag) der 1.(3.) Woche. Der Zyklus kann sich im dreiwöchigen Rhythmus wiederholen. Die Felder ohne Eintrag sind disponibel.

- 59 Die Fürsorgepflicht umfaßt u.a. die Pflicht des Arbeitgebers zum Schutz des Arbeitnehmers vor Gefahren für Leben und Gesundheit. Sie ist eine der Nebenpflichten des Arbeitsvertrages Vgl. SOLLNER (1994), S. 265f.; SCHMID/TRENK-HINTERBERGER (1994), S. 77 - 92; ZÖLLNER/LORITZ (1998), S. 203 - 206.
- 60 Vgl. zur Intention des Gesetzgebers DEUTSCHER BUNDESTAG UND BUNDESRAT (1993), S. 30. „Arbeitnehmer sollten aus Gründen des Arbeitsschutzes wenigstens einen arbeitsfreien Tag in der Woche haben.“
- 61 Die im Gesetzentwurf ursprünglich enthaltene Regelung eines beschäftigungsfreien Sonntags pro Monat (vgl. DEUTSCHER BUNDESTAG UND BUNDESRAT (1994), S. 14, 43), wurde als zu starr verworfen.
- 62 Vgl. ZMARZLIK/ANZINGER (1995), S. 334.

bei Vorliegen von Sonn- und Feiertagsarbeit⁶³ folgende gesetzlich bestimmte Grenzen ab:

- Im Zeitraum mehrerer Wochen dürfen maximal 12 (bis zu 32) zusammenhängende Arbeitstage eingeplant werden.
- Im Zeitraum eines Jahres sind mindestens 15 arbeitsfreie Sonntage vorzusehen.

3.3.2. Tarifliche Regelungen zu den Arbeitstagen

Die einseitig zwingenden Normen des ArbZG zu den Arbeitstagen ein- und mehrwöchiger Planungszeiträume sind nicht nur wenig restriktiv sondern zugleich (bedingt) tarifdispositiv. Nach §12 ArbZG können branchenspezifisch durch Tarifvertrag oder aufgrund tariflich zugelassener Betriebsvereinbarungen nur zehn, acht oder sechs arbeitsfreie Sonntage pro Jahr vorgesehen werden; der Ersatzruhetag für Feiertagsarbeit kann wegfallen oder innerhalb eines anderen Ausgleichszeitraums liegen. Dementgegen nutzen die Tarifvertragsparteien ihren Handlungsspielraum meist dazu, die Zahl und Lage der Arbeitstage ein- und mehrwöchiger Planungszeiträume weiter zu restringieren. In den - gesetzlich nicht beschränkten - Fällen der Betriebszeiten ohne Sonn- (und Feier)tagsarbeit wird bzgl. der Chronometrie der wöchentlichen Arbeitstage wiederholt die Fünf-Tage-Woche auch bei Samstagsarbeit fixiert („Muß ... der Samstag in begründeten Fällen ... mit einbezogen werden, soll ein anderer Arbeitstag, möglichst in der gleichen Woche, arbeitsfrei bleiben.“⁶⁴) oder die Vier-Tage-Woche präferiert („Die regelmäßige kalenderwöchentliche Arbeitszeit beträgt im Durchschnitt 38 Stunden, möglichst unter Einsatz von vier Schichten.“⁶⁵). Die Chronologie der Arbeitstage wird i.d.R. explizit auf die Tage Montag bis Freitag begrenzt⁶⁶; bei Samstagsarbeit

⁶³ Die Beschäftigungsbereiche, in denen Sonn- und Feiertagsarbeit zulässig ist, sind in §10 ArbZG abschließend geregelt; sie sind nicht tarifdispositiv (vgl. ZMARZLIK/ANZINGER (1995), S. 260). Andererseits kann aufgrund von §13 (5) ArbZG Sonn- und Feiertagsarbeit aus rein wirtschaftlichen Gründen zugelassen werden. Liegen Betriebszeiten ohne Sonn- und Feiertagsarbeit vor, wirken die gesetzlichen Regelungen zur tagesbezogenen Arbeitszeit nicht restringierend.

⁶⁴ IBM INFORMATIONSSYSTEME GMBH/DAG (1996a), Tarifvertrag §3.2.2.

⁶⁵ IG CHEMIE-PAPIER-KERAMIK/IG BERGBAU, CHEMIE, ENERGIE/VEREINIGUNG DER ARBEITGEBERVERBÄNDE DER DEUTSCHEN PAPIERINDUSTRIE E.V. (1994), Durchfahrvertrag für die Zellstoffindustrie, §2 Regelmäßige Verweise auf die Möglichkeit der 4-Tage-Arbeitswoche finden sich auch in den Manteltarifverträgen des Einzelhandels, vgl. GEWERKSCHAFT HBV (1997), z.B. S. 1, 4, 6f. Vgl. überblicksartig BISPINCK/WSI-TARIF-ARCHIV (1996), S. 42 - 44.

⁶⁶ Vgl. z.B. IBM INFORMATIONSSYSTEME GMBH/DAG (1996a), Tarifvertrag § 3.2.1 „Die wöchentliche ... Arbeitszeit kann ... auf die Werkzeuge von Montag bis Freitag verteilt werden.“; HÜLS AG (1996), Gesamtbetriebsvereinbarung, §5.3. „Soll-Arbeitszeit ... an den 5 Wochentagen Montag bis Freitag.“; VERBAND DER DRUCKINDUSTRIE NIEDERSACHSEN E.V. / LANDESVERBAND DRUCK BREMEN E.V./IG MEDIEN LANDESBEZIRK NIEDER-

sind ähnlich der Beschränkung der Anzahl sonntäglicher Arbeitstage Beschränkungen der samstäglichem Arbeitstage üblich („Soweit ... regelmäßige Arbeit am Samstag geleistet wird, ... dürfen für den einzelnen Angestellten höchstens 13 Samstage pro Kalenderjahr vorgesehen werden.“⁶⁷ „Beschäftigte ... sollen auf ihren Wunsch ... an nicht mehr ... als drei Samstagen im Monat beschäftigt werden“⁶⁸). Forderungen nach in ihrer Lage und Häufigkeit reglementierten „langen Wochenenden“ sind gängig⁶⁹.

In Fällen mit Sonn- (und Feier)tagsarbeit wird die chronometrische Dimension der wöchentlichen Arbeitstage reglementiert („bei berufsüblicher ... Sonn- und Feiertagsarbeit [sind] ... in jeder Woche ... in der Regel zwei freie Tage“⁷⁰ zu gewähren), nicht aber ihre zusammenhängende Dauer innerhalb zweier aufeinanderfolgender Wochen begrenzt. Somit lassen auch die tariflichen Regelungen z.B. zehn zusammenhängende Arbeitstage zu (Dienstag bis Sonntag der ersten Woche und Montag bis Freitag der zweiten Woche)⁷¹. (Soll-)Vorschriften lassen sich für die Zahl (zusammenhängender)

SACHSEN-BREMEN/DAG LANDESVERBAND NIEDERSACHSEN-BREMEN (1989), Manteltarifvertrag für Angestellte, 2. „Die regelmäßige wöchentliche Arbeitszeit ist ... auf 5 Tage von Montag bis Freitag zu verteilen.“; DAG LANDESVERBAND NIEDERSACHSEN-BREMEN (1992), Manteltarifvertrag, 21. „Die regelmäßige Arbeitszeit ist grundsätzlich auf alle Arbeitstage von montags bis freitags ... zu verteilen.“; DAG LANDESVERBAND NIEDERSACHSEN-BREMEN/VERBAND DER METALLINDUSTRIELLEN NIEDERSACHSEN E.V. (1994), Manteltarifvertrag, §3 (3) 3. „Die ... wöchentliche Arbeitszeit ... kann grundsätzlich ... auf 5 Werktag von Montag bis Freitag verteilt werden.“

67 VERBAND DER DRUCKINDUSTRIE NIEDERSACHSEN E.V./LANDESVERBAND DRUCK BREMEN E.V./IG MEDIEN LANDESBEZIRK NIEDERSACHSEN-BREMEN/DAG LANDESVERBAND NIEDERSACHSEN-BREMEN (1989), Manteltarifvertrag für Angestellte, 2. Durchführungsbestimmung (2).

68 GEWERKSCHAFT HBV (1997), S. 1, 4, 10, 12, 14, 16; in z.B. Berlin/Brandenburg erfolgt eine Beschränkung auf 2 Samstage innerhalb von vier Wochen S. 6f.

69 Vgl. GEWERKSCHAFT HBV (1997), S. 1, 4, 7, 10, 12, 14, 16: „... alle 4 Wochen ein langes Wochenende (Samstag bis Dienstag/Freitag bis Montag).“

70 GEWERKSCHAFT HBV (1997), S. 49f., 56. Ähnlich z.B. HOTEL- UND GASTSTÄTTEN-VERBAND HESSEN E.V. (1993), Manteltarifvertrag §6 1. „Es sind in jeder Woche 2 Ruhetage zu gewähren“; IG MEDIEN HAUPTVORSTAND/HAUPTVERBAND DER PAPIER, PAPPE UND KUNSTSTOFFE VERARBEITENDEN INDUSTRIE E.V. (1997), Manteltarifvertrag, §2 2. Es „ist sicherzustellen, daß dem einzelnen Arbeitnehmer ... im Wochendurchschnitt zwei arbeitsfreie Tage - möglichst zusammenhängend - gewährt werden“; VERBAND DER DRUCKINDUSTRIE NIEDERSACHSEN E.V./LANDESVERBAND DRUCK BREMEN E.V./IG MEDIEN LANDESBEZIRK NIEDERSACHSEN-BREMEN/DAG LANDESVERBAND NIEDERSACHSEN-BREMEN (1989), Manteltarifvertrag für Angestellte, Durchführungsbestimmungen zu 2.

71 Auch die Regelung des HBV-Landesbezirks Saar (§9 3.), daß „für jeden dieser [verkaufsoffenen] Sonntage in der einem verkaufsoffenen Sonntag folgenden Woche ein ganzer freier Werktag mit Ausnahme des Samstag gewährt werden“ muß (GEWERKSCHAFT HBV (1997), S. 55), ermöglicht - im Zusammenhang mit der gesetzlichen Intention einer sechs-Tage-Woche - eine zusammenhängende Arbeitszeit von zehn Tagen. Ebenso THYSEN STAHL AG (1996), Betriebs-

Freizeittage finden. Sie schwankt zwischen zwei („... sollen die 2 arbeitsfreien Tage zusammenhängend gewährt werden.“⁷²) und nicht mehr als fünf Tagen („Es dürfen nicht mehr als 5 freie Tage zusammengefaßt werden.“⁷³). Bzgl. der chronologischen Dimension finden sich (Soll-)Vorschriften nur zur Lage der Freizeittage; es überwiegen Regelungen, die sich am gesetzlich besonders geschützten Sonntag⁷⁴ orientieren („Die ... zu gewährenden Freischichten sollen möglichst in unmittelbarem Zusammenhang mit Sonntagen stehen.“⁷⁵ „Angestellte, die ... in regelmäßiger wöchentlicher Arbeitszeit am Samstag arbeiten, haben am Sonntag und Montag der jeweiligen Woche arbeitsfrei.“⁷⁶ „Für die ... sonntags beschäftigten Arbeitnehmer bleibt jeder zweite Sonntag ... arbeitsfrei.“⁷⁷). Aus den zitierten (Soll-)Vorschriften leiten wir folgende abbildungsrelevante Regelungstypen für die Modelle der tagesbezogenen Arbeitszeiten ein- und mehrwöchiger Planungszeiträume bei Vorliegen von Sonn- und Feiertagsarbeit ab:

Chronometrie

- Wöchentlich dürfen maximal „ α “, wochenübergreifend maximal „ β “ (zusammenhängende) Arbeitstage eingeplant werden.
- Die Zahl zusammenhängender Freizeittage soll zwischen „ γ “ und „ δ “ liegen.
- Im Zeitraum eines Jahres/eines Monats dürfen höchstens „ ε “ Samstage als Arbeitstag/müssen mindestens „ λ “ arbeitsfreie Sonntage eingeplant werden.

vereinbarung 2 1. „innerhalb von 2 Wochen jeweils mindestens zwei freie Tage.“

- ⁷² VERBAND DER DRUCKINDUSTRIE NIEDERSACHSEN E.V./LANDESVERBAND DRUCK BREMEN E.V./IG MEDIEN LANDESBEZIRK NIEDERSACHSEN-BREMEN/DAG LANDESVERBAND NIEDERSACHSEN-BREMEN (1989), Manteltarifvertrag für Angestellte, Durchführungsbestimmungen zu 2.; nahezu identisch HOTEL- UND GASTSTÄTTENVERBAND HESSEN E.V. (1993), Manteltarifvertrag, §6 1.; IG MEDIEN BERLIN (1997), Manteltarifvertrag §2 2. „ist sicherzustellen, daß ... im Wochendurchschnitt zwei arbeitsfreie Tage - möglichst zusammenhängend - gewährt werden.“
- ⁷³ DAG LANDESVERBAND NIEDERSACHSEN-BREMEN/VERBAND DER METALLINDUSTRIELLEN NIEDERSACHSEN E.V. (1994), Manteltarifvertrag, §3 (4).
- ⁷⁴ Vgl. Art. 140 GG i.V.m. Art. 149 Weimarer Verfassung, die bereits analysierten §§9, 10, 11 ArbZG sowie die Ausführungen in Kap. 2.3.2.
- ⁷⁵ IG CHEMIE-PAPIER-KERAMIK/BUNDESARBEITGEBERVERBAND CHEMIE E.V. (1992), Manteltarifvertrag, § 2.1.3. Ähnlich DAG LANDESVERBAND NIEDERSACHSEN-BREMEN (1992), Manteltarifvertrag, 31
- ⁷⁶ VERBAND DER DRUCKINDUSTRIE NIEDERSACHSEN E.V./LANDESVERBAND DRUCK BREMEN E.V./IG MEDIEN LANDESBEZIRK NIEDERSACHSEN-BREMEN/DAG LANDESVERBAND NIEDERSACHSEN-BREMEN (1989), Manteltarifvertrag für Angestellte, Durchführungsbestimmungen zu 2.
- ⁷⁷ VERBAND DER METALL- UND ELEKTRO-UNTERNEHMEN HESSEN E.V. (1997), §2 6 (1) Ähnlich GEWERKSCHAFT HBV (1997), S. 37, 41, 49f

Chronologie

- Alle „κ“ Wochen soll ein langes Wochenende (z.B. Samstag bis Dienstag/Freitag bis Montag) erreicht werden.
- Es sollen sonntagnahe Freizeittage gewährt werden.

3.4. Regelungen zur stundenbezogenen Arbeitszeit für ein- und mehrwöchige Planungszeiträume (tour-scheduling)

3.4.1. Regelungen zur Chronometrie stundenbezogener Arbeitszeiten

Wie die tagesbezogene Wochenarbeitszeit so ist auch die stundenbezogene Wochenarbeitszeit der Arbeitskräfte weder bzgl. der Chronometrie noch bzgl. der Chronologie gesetzlich unmittelbar geregelt⁷⁸. Bzgl. der Chronometrie kann unter Rückgriff auf die in Kapitel 3.3.1 abgeleitete Sechs-Tage-Woche in Verbindung mit den Regelungen in §3 Satz 1 ArbZG⁷⁹ und §11 (2) ArbZG⁸⁰ auf eine dem Gesetz zugrunde liegende 48-Stunden-Woche geschlossen werden⁸¹. Bei Beachtung der entsprechenden Ausgleichsregelungen ist im Höchstfall eine vorübergehende Wochenarbeitszeit von 60, bei Vorliegen zulässiger Sonntagsarbeit eine vorübergehende Wochenarbeitszeit von 70 Stunden möglich⁸². Eine Untergrenze der wöchentlichen Arbeitszeit ist im ArbZG nicht geregelt. §4 (1) BeschFG schreibt für die Arbeitszeitform „Kapovaz“ eine dispositive Untergrenze von zehn Wochenstunden vor. Mit dieser - ursprünglich nicht vorgesehenen - Regelung will der Gesetzgeber eine gänzlich fehlende Inanspruchnahme der Arbeitsleistung des Arbeitnehmers durch den Arbeitgeber vermeiden⁸³. Die tariflichen Regelungen sehen meist eine geringere als die gesetzliche Wochenarbeitszeit

⁷⁸ Vgl. anders §8 (1) JArbSchG; §8 (2) MuSchG.

⁷⁹ „Die werktägliche Arbeitszeit ... darf 8 Stunden nicht überschreiten“

⁸⁰ „... durch die Arbeitszeit an Sonn- und Feiertagen dürfen die in den §§3, 6 (2), 7 bestimmten Hochstarbeitszeiten und Ausgleichszeiträume nicht überschritten werden.“

⁸¹ Vgl. ANZINGER (1994a), S. 1083; ERASMY (1994), S. 1105; ZMARZLIK/ANZINGER (1995), S. 98; DOBBERAHN (1996), S. 13.

⁸² Vgl. ANZINGER (1994), S. 1493; ERASMY (1994), S. 1106, (1995), S. 103; ZMARZLIK/ANZINGER (1995), S. 335; DOBBERAHN (1996), S. 13, 53

⁸³ Vgl. DEUTSCHER BUNDESTAG UND BUNDESRAT (1985), S. 30. Es erfolgte eine Umsetzung der BAG-Rechtsprechung, nach der eine arbeitsvertragliche Vereinbarung, die bei arbeitszeitabhängiger Vergütung ein einseitiges Bestimmungsrecht des Arbeitgebers hinsichtlich der Dauer der Arbeitszeit vorsieht, wegen objektiver Umgehung des KSchG nichtig ist (vgl. BUNDESARBEITSGERICHT (1985), S. 359 - 361). Vgl. zur Möglichkeit der Vereinbarung einer geringeren Wochenstundenzahl z.B. DÜTTMANN u.a. (1985), S. 71f.; MAGER u.a. (1985), S. 127; MAYER (1985), S. 229.

vor⁸⁴. Diese wird in ihrer Dauer häufig flexibel vereinbart⁸⁵ und gelegentlich um eine Begrenzung zulässiger Mehrarbeit ergänzt⁸⁶. Eine Untergrenze der durchschnittlichen wöchentlichen Arbeitszeitdauer ist zumeist als Sollvorschrift für Teilzeitarbeitskräfte vorgesehen; ihnen soll eine sozialversicherungspflichtige Beschäftigung ermöglicht werden⁸⁷. Für die Chronometrie der stundenbezogenen Arbeitszeiten ein- und mehrwöchiger Planungszeiträume wirken somit - unter Berücksichtigung der in Kapitel 3.4.3 zu thematisierenden Ausgleichszeiträume - lediglich die gesetzlichen Höchstgrenzen wöchentlicher Arbeitszeiten restringierend. Sie ergeben folgende planungsrelevante Struktur:

- Die Einsatzdauer darf wöchentlich 60, bei zulässiger Sonn- und Feiertagsarbeit 70 Stunden nicht überschreiten (Obergrenze)⁸⁸.

3.4.2. Regelungen zur Chronologie stundenbezogener Arbeitszeiten

Die Regelungen zur Chronologie der wöchentlichen Arbeitsstunden betreffen die Lage der Arbeitszeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Tagen. § 5 (1) ArbZG regelt dazu, daß „nach Beendigung der täglichen Arbeitszeit eine ununterbrochene Ruhezeit von elf Stunden“ liegen muß. Dies ist die Zeit, die dem Arbeitnehmer zur freien Verfügung steht und während derer er - anders als bei den Zeiten des Bereitschaftsdienstes und

⁸⁴ Vgl. bzgl. eines Überblicks über tarifliche Wochenarbeitszeiten BISPINCK (1993), S. 96 - 99; BISPINCK (1996), S. 416; BISPINCK/WSI-TARIFARCHIV (1996), S. 42 - 44. Id R. liegt der Arbeitszeitstandard zwischen 35 und 40 Wochenstunden, wobei letztere eher die Ausnahme bilden. Vgl. bzgl. der Frage nach der Zulässigkeit tariflich vereinbarter Hochstarbeitszeiten HROMADKA (1992), S. 1042 - 1047

⁸⁵ Z B durch die Vorgabe von Korridorlösungen (vgl. die in Kap. 3.1.2 zitierten Regelungen der IG CHEMIE-PAPIER-KERAMIK/BUNDESARBEITGEBERVERBAND CHEMIE E.V. (1992), identisch IG CHEMIE-PAPIER-KERAMIK/ARBEITGEBERVERBAND DER DEUTSCHEN KAUSCHUKINDUSTRIE E.V. (1994), § 2, 4.) sowie durch die Möglichkeit der dauerhaften Verlängerung der Wochenarbeitszeit für einen festgelegten Prozentsatz aller Arbeitskräfte (vgl. DAG LANDESVERBAND NIEDERSACHSEN-BREMEN/VERBAND DER METALLINDUSTRIELLEN NIEDERSACHSEN E.V. (1994), § 3 (2), 18%; VERBAND DER METALL- UND ELEKTRO-UNTERNEHMEN HESSEN E.V. (1997), § 2 I. (6), 13%).

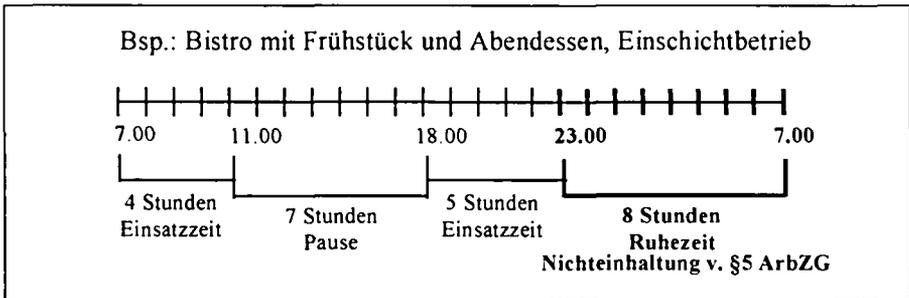
⁸⁶ Vgl. überblicksartig BISPINCK/WSI-TARIFARCHIV (1996), S. 45 - 47. Zumeist kann die Grenze der Mehrarbeit in Ausnahmefällen überschritten werden.

⁸⁷ Vgl. z B GEWERKSCHAFT HBV (1997), S. 29 - 31, 33, als Muß-Vorschrift formuliert bei THYSSEN STAHL AG, PERSONAL-/SOZIALWIRTSCHAFT, ARBEITSWIRTSCHAFT (1995), S. 21. Die (temporale) Grenze einer sozialversicherungspflichtigen Beschäftigung (sie beträgt z. Z. 15 Wochenstunden) ist in § 8 (1) SGB IV/§ 102 AFG geregelt.

⁸⁸ Diese Obergrenze ist aufgrund der taglichen Höchstarbeitszeit von zehn Stunden bereits dann gewahrt, wenn die wöchentlichen Arbeitstage auf maximal sechs bzw. sieben begrenzt ist. Aus diesem Grunde werden wir diese Obergrenze in den Modellen des tour-scheduling nicht explizit berücksichtigen.

der Rufbereitschaft⁸⁹ - nicht zur Arbeit abberufen werden kann. Die Formulierung „nach Beendigung der täglichen Arbeitszeit“ weist darauf hin, daß der Tag ab dem Beginn der üblichen Arbeitszeit des Arbeitnehmers bestimmt wird und dann 24 Stunden dauert⁹⁰. Liegt zwischen zwei solchen Arbeitstagen eine Sonn- oder Feiertagsruhe oder ein Ersatzruhetag, so sind nach §11 (4) ArbZG diese Freizeittage unmittelbar in Verbindung mit der Ruhezeit zu gewähren⁹¹. §5 (2) ArbZG nennt branchenspezifische Ausnahmen, in denen die Ruhezeit bis auf zehn Stunden verkürzt werden kann, „wenn jede Verkürzung der Ruhezeit innerhalb ... von vier Wochen durch Verlängerung einer anderen Ruhezeit auf mindestens zwölf Stunden ausgeglichen wird“.

Abb. 6: Teil(schicht)dienst ohne Einhaltung einer ununterbrochenen Ruhezeit von zehn bzw. elf Stunden



Für die Modellformulierung sind die Regelungen zur Ruhezeit in zwei Fällen relevant. Der erste Fall erfaßt Situationen, in denen die inaktive Zeit eines Betriebes (Betriebsruhezeit) kürzer als 11 Stunden ist. Die betriebsorientierte Arbeitszeit umfaßt dann mehr als 13 Stunden; sie kann - allein aufgrund ihrer Länge - nur von zwei oder mehr Arbeitskräften gedeckt werden (Mehrschichtbetrieb)⁹². Der zweite Fall erfaßt Situationen, in denen die Dauer der Betriebszeit zwar kürzer als oder genau 13 Stunden ist, aufgrund von z.B. branchenüblichen Unterbrechungs- bzw. Schließungszeiten jedoch so lange Pausen entstehen, daß zwischen dem Anwesenheitsende einer Arbeitskraft

⁸⁹ Bei diesen „Dienstern besonderer Art“ muß der Arbeitnehmer mit einem Abruf zur Arbeit rechnen. Ein wesentliches Merkmal des Begriffs „Bereitschaftsdienst“ ist die Bindung an einen bestimmten Ort, während die Rufbereitschaft eine lockerere Aufenthaltsbeschränkung bedeutet (vgl. ZMARZLIK/ANZINGER (1995), S. 134f.).

⁹⁰ Ein solcher Zeitraum wird mit dem Begriff des „individuellen Werktags“ erfaßt (vgl. ZMARZLIK/ANZINGER (1995), S. 95, S. 137f.), er weicht i.d.R. vom Kalendertag ab.

⁹¹ Diese Regelung führt dazu, daß für die Berücksichtigung von Mindestruhezeiten in den Modellen des tour-scheduling (Kap. 4.4.2.1, 4.4.2.2) stets zwei aufeinanderfolgende Arbeitstage betrachtet werden können, unabhängig davon, wieviele freie Tage dazwischen liegen.

⁹² Wir werden diesen Fall in den Modellen des tour-scheduling verfolgen.

und dem Anwesenheitsbeginn am folgenden Arbeitstag ein arbeitsfreier Zeitraum von mindestens elf bzw. zehn Stunden nicht eingehalten werden kann (vgl. Abbildung 6)⁹³.

Die Regelungen der Tarif- bzw. Betriebspartner zur Chronologie stundenbezogener Arbeitszeiten für ein- und mehrwöchige Planungszeiträume betreffen vor allem die Verteilung der Stunden auf die Wochentage. Sie reichen von der wenig restriktiven Aussage, daß die tarifliche Wochenarbeitszeit gleichmäßig oder ungleichmäßig auf die jeweiligen Arbeitstage verteilt werden kann⁹⁴, zu den restriktiveren Aussagen, daß „bei ungleichmäßiger Verteilung der Arbeitszeit auf einzelne Tage ... der Woche ... diese ... an den gleichen Tagen jeder Woche gleich sein [muß]“⁹⁵ oder daß eine Arbeitskraft auf ihren Wunsch hin nur maximal an drei Tagen in der Woche nach 18.30 Uhr beschäftigt werden darf⁹⁶. Die Probleme des Teildienstes versuchen die Tarifparteien dadurch zu mildern, daß die Ruhepausen in ihrer Dauer auf insgesamt maximal zwei Stunden, die Unterbrechungszeiten auf maximal drei Stunden beschränkt werden⁹⁷. Aus den gesetzlichen und tariflichen Regelungen zur Chronologie stundenbezogener Arbeitszeiten für ein- und mehrwöchige Planungszeiträume wollen wir folgenden planungsrelevanten Sachverhalt weiter betrachten:

- Liegt zwischen dem grundsätzlich möglichen Ende einer Einsatzzeit und dem grundsätzlich möglichen Beginn der folgenden Einsatzzeit ein Zeitraum von weniger als 11 Stunden, so ist arbeitskraftspezifisch sicherzustellen, daß die Mindestruhezeit von 11 Stunden eingehalten wird.

3.4.3. Regelungen zu den Ausgleichszeiträumen

§3 Satz 1 ArbZG erlaubt eine Verlängerung der täglichen Arbeitszeit, wenn innerhalb von sechs Kalendermonaten oder innerhalb von 24 Wochen eine regelmäßige Arbeitszeitdauer von täglich acht Stunden im Durchschnitt nicht überschritten wird. Wird

⁹³ Vgl. zur Relevanz solcher Situationen z.B. die Öffnungszeiten von Gaststätten oder im Verkauf. Arbeitsunterbrechungen von mehrstündiger Dauer in nachfrageschwachen Zeiten, welche zu ausgedehnten arbeitsgebundenen Zeiten führen, werden auch als Teil(schicht)dienst bezeichnet, vgl. z.B. BEYER (1986), S. 98; KRAMER (1991), S. 9 - 14.

⁹⁴ Vgl. z.B. IG CHEMIE-PAPIER-KERAMIK/BUNDESARBEITGEBERVERBAND CHEMIE E.V. (1992), Manteltarifvertrag, Erläuterungen S. 53; DAG LANDESVERBAND HAMBURG/INDUSTRIEVERBAND HEIZUNGS-, KLIMA- UND SANITÄRTECHNIK HAMBURG E.V. (1995), §2 I.

⁹⁵ VERBAND DER DRUCKINDUSTRIE NIEDERSACHSEN E.V./LANDESVERBAND DRUCK BREMEN E.V./IG MEDIEN LANDESBEZIRK NIEDERSACHSEN-BREMEN/DAG LANDESVERBAND NIEDERSACHSEN-BREMEN (1989), Manteltarifvertrag für Angestellte, 4. Bei einem einwöchigen Planungszeitraum, dessen Einsatzplan für alle folgenden Wochen unverändert gültig ist (vgl. Kap. 4.3.1.1.), ist diese Restriktion bereits implizit erfüllt.

⁹⁶ Vgl. GEWERKSCHAFT HBV (1997), S. 1, 4, 6f., 10, 12.

⁹⁷ Vgl. HOTEL- UND GASTSTÄTTENVERBAND HESSEN E.V. (1993), §5 I., 5.

der kalendermäßige Ausgleichszeitraum gewählt, so ist dessen Wahl nur insoweit begrenzt, als sechs zusammenhängende, nicht an das Kalenderjahr gebundene Kalendermonate zugrunde gelegt werden⁹⁸. Bei wochenbezogenen Ausgleichszeiträumen gilt als Woche jeder Zeitraum von sieben aufeinanderfolgenden Tagen, auch hier ist die Woche nicht an die Kalendervorgaben gebunden⁹⁹. Da § 3 Satz 1 ArbZG „die werktägliche Arbeitszeit der Arbeitnehmer - und nicht des Betriebes“¹⁰⁰ - festlegt, kann die Lage der Ausgleichszeiträume arbeitskraftspezifisch variieren. Der Gestaltungsspielraum wird lediglich dadurch begrenzt, daß „in einem Ausgleichszeitraum nicht verbrauchte gesetzlich zulässige Arbeitszeit, ... nicht auf den nächsten Ausgleichszeitraum übertragen werden“¹⁰¹ kann. Dadurch soll ein unbegrenztes Anhäufen von vom Arbeitgeber einforderbaren Arbeitszeiten verhindert werden¹⁰².

Die gesetzlichen Regelungen zum Ausgleichszeitraum sind insofern zwingend, als der Betrieb keinen längeren, jedoch einen kürzeren Zeitraum für den Arbeitszeitausgleich wählen kann¹⁰³. Ein längerer Ausgleichszeitraum, ein Ausgleichszeitraum anderer Art oder eine Arbeitszeitverlängerung auf bis zu zehn Stunden werktäglich ohne Ausgleich an höchstens 60 Tagen pro Jahr kann - nach § 7 (1) 1. b, c ArbZG - durch Tarifvertrag oder durch eine tariflich zugelassene Betriebsvereinbarung geregelt werden. Häufig übernehmen die Tarifvertragsparteien/die Betriebspartner die gesetzliche Regelung eines sechsmonatigen Ausgleichszeitraums als Verteilzeitraum für die tariflich zu erbringende Wochenarbeitszeit¹⁰⁴. Wiederholt dehnen sie ihn auf maximal ein Kalenderjahr/12 Monate/52 Wochen¹⁰⁵ oder für projektbezogene Tätigkeiten auf 36 Monate

⁹⁸ Vgl. ZMARZLIK/ANZINGER (1995), S. 100f. Ausgleichszeiträume von z.B. Februar bis Juli sind genauso möglich wie solche von Oktober bis März.

⁹⁹ Vgl. ZMARZLIK/ANZINGER (1995), S. 101f. Allerdings ist jeder Werktag zu zählen, gleichgültig ob er für den Betrieb oder den betreffenden Arbeitnehmer ein Arbeitstag ist.

¹⁰⁰ DOBBERAHN (1996), S. 14.

¹⁰¹ ZMARZLIK/ANZINGER (1995), S. 103.

¹⁰² Vgl. mit ähnlicher Intention § 7 (3) BUrlG, nach dem der Arbeitnehmer den Urlaubsanspruch eines Kalenderjahres zeitlich nicht unbegrenzt in das nächste Kalenderjahr übertragen kann.

¹⁰³ Vgl. ZMARZLIK/ANZINGER (1995), S. 102.

¹⁰⁴ Vgl. z.B. IG CHEMIE-PAPIER-KERAMIK/BUNDESARBEITGEBERVERBAND CHEMIE E.V. (1992), Manteltarifvertrag, § 6 2.1.2.; DAG LANDESVERBAND NIEDERSACHSEN-BREMEN/VERBAND DER METALLINDUSTRIELLEN NIEDERSACHSEN E.V. (1994), Manteltarifvertrag, § 3 (3) 5.; DAG LANDESVERBAND NORDRHEIN-WESTFALEN/VERBAND DES KRAFTFAHRZEUGGEWERBES NORDRHEIN-WESTFALEN E.V. (1994), Manteltarifvertrag, § 3 2.

¹⁰⁵ Vgl. z.B. DAG LANDESVERBAND NIEDERSACHSEN-BREMEN (1992), Manteltarifvertrag, 20. b) 2.; GEWERKSCHAFT TEXTIL-BEKLEIDUNG/GESAMTVERBAND DER TEXTILINDUSTRIE IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (1996), Tarifvereinbarung 1.2.; IG MEDIEN HAUPTVORSTAND/HAUPTVERBAND DER PAPIER, PAPPE UND KUNSTSTOFFE VERARBEITENDEN INDUSTRIE E.V. (1997), Manteltarifvertrag, § 2 2. Überblickartig BISPINCK/WSI-TARIFARCHIV (1996), S. 42 - 44.

aus¹⁰⁶. Einen weiteren - in dieser Arbeit nicht verfolgten - Regelungstyp zu Ausgleichszeiträumen finden wir in Tarifverträgen, wenn die Vertragsparteien statt monetären (Nacht-, Feiertags- oder Mehrarbeits-)Zuschlägen einen Freizeitausgleich vorsehen¹⁰⁷. Auch solche Regelungen betreffen, sofern ein stundenweiser Ausgleich vorgesehen ist, die Lage von in ihrer chronometrischen Dimension zunächst unbestimmten Arbeitszeitstunden innerhalb eines zumindest mehrere Wochen umfassenden Ausgleichszeitraums. In den folgenden Planungsmodellen greifen wir der Einfachheit halber¹⁰⁸ auf Kalenderwochen als Ausgleichs-/Verteilzeiträume zurück, so daß wir für die arbeitskraftspezifischen Ausgleichszeiträume folgende planungsrelevante Struktur verfolgen können:

- Es ist sicherzustellen, daß bei offenen werktäglichen Arbeitszeitdauern binnen „W“ (z.B. $W = 24$) Wochen ein (arbeitskraftspezifischer) Ausgleich in der Form geschaffen wird, daß im Durchschnitt eine Arbeitszeit von „ \overline{AZ}^* “ (z.B. $\overline{AZ}^* = 7,5$) Stunden pro Tag eingehalten wird.

¹⁰⁶ Vgl. z.B. IG CHEMIE-PAPIER-KERAMIK/ARBEITGEBERVERBAND DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE E.V. (1992), Manteltarifvertrag für die gewerblichen Arbeitnehmer, § 2, Fußnote auf S. 6 : „Im Einvernehmen mit dem Betriebsrat ist bei projektbezogenen Tätigkeiten mit Zustimmung der Tarifvertragsparteien eine Verlängerung des Verteilzeitraums bis zu 36 Monaten zulässig.“ Identisch IG CHEMIE-PAPIER-KERAMIK/BUNDESARBEITGEBERVERBAND CHEMIE E.V. (1992), § 2 I. 1. Fußnote 3.

¹⁰⁷ Vgl. z.B. GEWERKSCHAFT HBV (1997), S. 37f. 40 - 43, 45, S. 52; IG MEDIEN HAUPTVORSTAND/HAUPTVERBAND DER PAPIER, PAPPE UND KUNSTSTOFFE VERARBEITENDEN INDUSTRIE E.V. (1997), Manteltarifvertrag, §2 5. „Auf ... Verlangen ist der Zuschlag [für Arbeiten am Samstag] in Zeit zu gewähren“. Überblicksartig BISPINCK/WSI-TARIFARCHIV (1996), S. 45 - 47.

¹⁰⁸ Wir erinnern an die Messproblematik der Zeit. Vgl. Kap. 2.1.1.

4. Implizite Modellierung flexibler Arbeitszeiten

4.1. Grundlagen der impliziten Modellierung

4.1.1. Definitionen und Abbildungssituationen

Zur Wahrung der größtmöglichen rechtlich zulässigen Flexibilität bei der Planung flexibler Arbeitszeiten wählen wir die Abbildungsmethode der impliziten Modellierung. Wir betrachten individuelle Arbeitskräfte und transformieren die in Kapitel 3 thematisierten rechtlichen Regeln in Wenn-Dann-Aussagen. Diese bilden wir unter Rückgriff auf binäre Variablen¹ als bedingte Entscheidungen (Implikationen)² ab und entwickeln zunächst ein allgemeines Schema ihrer Formulierung.

Betrachten wir einleitend die Forderung nach sonntagnahen Freizeiten mindestens zweitägiger Dauer (vgl. Kapitel 3.3.2), so können wir folgende Wenn-Dann-Aussage formulieren: Wenn der Samstag arbeitsfrei ist, dann muß auch der folgende Sonntag arbeitsfrei sein. Bezeichnen wir das Gewähren eines arbeitsfreien Samstags als Ereignis „ x “, so erkennen wir, daß es (mindestens) ein weiteres Ereignis „ y “ gibt, das vom Eintreten des Ereignisses „ x “ abhängt (hier: „Freizeit am folgenden Sonntag“). Zugleich müssen wir überlegen, was die Folgen des Nichteintretens des Ereignisses „ x “ sind. Wir formulieren, daß nach einem samstäglichem Arbeitstag der Sonntag ein Arbeits- oder Freizeittag sein kann. Das Eintreten des Ereignisses „ x “ incl. seiner (geforderten) Folgen bezeichnen wir als ersten Fall, das Nichteintreten des Ereignisses „ x “ incl. seiner (geforderten) Folgen als zweiten Fall der Wenn-Dann-Aussage. Zugleich nehmen wir zur Kenntnis, daß sich die Ereignisse „ x “ und „ y “ aus Teilereignissen zusammensetzen können (z.B. „Wenn zwei Samstage arbeitsfrei sind, dann muß der folgende Samstag ein Arbeitstag sein“).

Zur Herleitung der formalen Abbildung solcher Abhängigkeiten bezeichnen wir das Ereignis „ x “ als unabhängige Größe (Steuergröße). Sie kann sich aus einer ($\#X = 1$)³ oder mehreren Variablen ($\#X > 1$) zusammensetzen. Diese können die Ausprägung 1 oder 0 annehmen. Das Ereignis „ y “ bezeichnen wir als abhängige Größe. Auch sie kann eine ($\#Y = 1$) oder mehrere Variablen ($\#Y > 1$) umfassen, welche eindeutig die Ausprägung 1 (das folgende (Teil)ereignis muß eintreten), eindeutig die Ausprägung 0 (das folgende (Teil)ereignis darf nicht eintreten) oder mehrdeutig die

¹ Binäre Variablen können nur die Werte 0 oder 1 annehmen. Würden wir rein-ganzzahlige Variablen betrachten, wären die folgenden Ausführungen zur Formulierung von Implikationen zu modifizieren. Dies kann Aufgabe weiterer Forschungsarbeiten sein.

² „Eine Entscheidung wird als bedingt durch eine andere Entscheidung bezeichnet, wenn erstere nur ja sein darf, falls die andere ja ist. Diese Situation tritt auf, wenn (eine) ... Entscheidung eine Folgeaktion auslöst, die irrelevant oder sogar unmöglich werden würde, wäre die andere Entscheidung nein.“ HILLIER/LIEBERMAN (1988), S. 378.

³ $\#X$ ($\#Y$) bedeutet die Mächtigkeit der Menge X (Y); X := Menge der unabhängigen Größen einer Wenn-Dann-Aussage; Y := Menge der abhängigen Größen einer Wenn-Dann-Aussage.

Ausprägung 0 oder 1 ($y = 0/1$, das folgende (Teil)ereignis kann eintreten) annehmen können. Nehmen die Variablen eindeutige Ausprägungen an, werden wir sie explizit betrachten; sind ihre Ausprägungen mehrdeutig, bedürfen sie keiner weiteren Beachtung. Die als Steuervariable ($\#X = 1$) oder Steuervariablengruppe ($\#X > 1$) bezeichnete unabhängige Größe können wir mit der als abhängige Variable ($\#Y = 1$) oder als Gruppe abhängiger Variablen ($\#Y > 1$) differenzierten abhängigen Größe wie folgt zu einem Vier-Felder-Schema unterschiedlich zu erfassender Abbildungssituationen zusammenfügen⁴.

Abb. 7: Vier-Felder-Schema der impliziten Modellierung, mit Beispielen belegt

abhängige un- abhängige Größe	abhängige Variable $\#Y = 1$	Gruppe abhängiger Variablen $\#Y > 1$
Steuervariable $\#X = 1$	Abbildungssituation 1 „Wenn ein Samstag arbeitsfrei ist ($x = 1$), dann muß auch der folgende Sonntag arbeitsfrei sein ($y = 1$).“	Abbildungssituation 2 „Wenn ein Samstag arbeitsfrei ist ($x = 1$), dann muß der folgende Sonntag und Montag arbeitsfrei sein ($y_1 = y_2 = 1$).“
Steuervariablengruppe $\#X > 1$	Abbildungssituation 3 „Wenn sechs aufeinanderfolgende Tage gearbeitet wurde ($x_1 = x_2 = \dots = x_6 = 0$), dann muß ein arbeitsfreier Tag folgen ($y = 1$).“	Abbildungssituation 4 „Wenn sieben aufeinanderfolgende Tage gearbeitet wurde ($x_1 = x_2 = \dots = x_7 = 0$), dann müssen drei arbeitsfreie Tage folgen ($y_1 = y_2 = y_3 = 1$).“

In der Kopfzeile ist die abhängige Größe, in der Kopfspalte die unabhängige/Steuergröße als Variable bzw. Variablengruppe erfaßt. Die resultierenden Felder beschreiben die vier, mit Beispielen aus dem Bereich des days-off-scheduling belegten Abbildungssituationen. Die Beispiele beziehen sich stets auf zeitlich direkt aufeinanderfolgende Variablen. Gleichwohl sind Beispiele denkbar, in denen die abhängigen Variablen den unabhängigen Variablen nicht direkt folgen⁵ oder die abhängigen Variablen nur innerhalb eines zeitlichen Rahmens bestimmt sind⁶.

⁴ In der uns bekannten Literatur wurde bei der Formulierung von Implikationen lediglich der Fall einzelner Variablen betrachtet. Vgl. NEMHAUSER/WOLSEY (1988), S. 7; in Ansätzen GARFINKEL/NEMHAUSER (1972), S. 10 - 12; WILLIAMS (1985), S. 168 - 171.

⁵ „Wenn an einem Samstag gearbeitet wurde, dann müssen die beiden folgenden Samstage arbeitsfrei sein.“

⁶ „Wenn an einem Sonntag gearbeitet wurde, dann müssen innerhalb der nächsten vier Wochen zwei Sonntage arbeitsfrei sein.“

4.1.2. Formulierungsvorschriften

Zunächst betrachten wir Abbildungssituation 1 und belegen die unabhängige Variable „x“ mit der Variablen FT_i^t , die abhängige Variable „y“ mit FT_i^{t+m} . Diese sind wie folgt definiert (m symbolisiert den zeitlichen Abstand zur Periode t).

Variable

$$FT_i^t = \begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ in Periode } t \text{ einen Freizeittag erhält} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

Indices

$i = 1, 2, \dots, I$ = Index zur Kennzeichnung von individuellen Arbeitskräften

$t = 1, 2, \dots, T$ = Index zur Kennzeichnung von Perioden, hier: Tage

Sodann kombinieren wir die beiden Fälle einer Wenn-Dann-Aussage ($FT_i^t = 1$ bzw. $FT_i^t = 0$) mit den Ausprägungsmöglichkeiten der abhängigen Variablen FT_i^{t+m} ($FT_i^{t+m} = 0 \vee 0/1 \vee 1$). Dies führt zu den in Abbildung 8 ausgewiesenen neun logischen Kombinationen. Dort symbolisiert die erste Kopfzeile/-spalte die Ausprägung der unabhängigen Variablen ($FT_i^t = 1, FT_i^t = 0$; fett gedruckt), die zweite die der abhängigen Variablen ($FT_i^{t+m} = 0 \vee 0/1 \vee 1$).

Abb. 8: Logische Kombinationen der Abbildungssituation 1

FT_i^t		= 0		
		FT_i^{t+m}	= 0	= 0/1
= 1	= 0	1 0 0 0 Kombination 1	1 0 0 0/1 Kombination 4	1 0 0 1 Kombination 7
	= 0/1	1 0/1 0 0 Kombination 2	1 0/1 0 0/1 Kombination 5	1 0/1 0 1 Kombination 8
	= 1	1 1 0 0 Kombination 3	1 1 0 0/1 Kombination 6	1 1 0 1 Kombination 9

Die Kombinationen sind, exemplarisch für Kombination 6, wie folgt zu lesen: WENN für Arbeitskraft i in Periode t ein Freizeittag vorgesehen ist (1), DANN muß für diese auch in Periode t + m ein Freizeittag vorgesehen werden (1); ist dagegen für Arbeitskraft i in Periode t kein Freizeittag vorgesehen (0), DANN kann für sie in t + m ein Freizeittag vorgesehen werden, ohne daß ein solches Vorsehen zwingend ist (0/1)⁷.

⁷ Belegen wir t mit dem einen Samstag symbolisierenden Wert 6 und m mit dem Wert 1, so drücken wir mit Kombination 6 das Bsp. zur Abbildungssituation 1 aus: „Wenn Samstag arbeits-

Mit diesen Kombinationen sind alle Aussagemöglichkeiten der Abbildungssituation einer unabhängigen und einer abhängigen Variablen erfaßt.

Abb. 9: Ausformulierte Restriktionen der Abbildungssituation 1

Kombination	Restriktionensystem
(1) 1 0 0 0	$FT_i^t \leq 1 - FT_i^{t+m}$ $FT_i^t \geq FT_i^{t+m}$
(2) 1 0/1 0 0	- $FT_i^t \geq FT_i^{t+m}$
(3) 1 1 0 0	$FT_i^t = FT_i^{t+m}$
(4) 1 0 0 0/1	$FT_i^t \leq 1 - FT_i^{t+m}$ -
(5) 1 0/1 0 0/1	- -
(6) 1 1 0 0/1	$FT_i^t \leq FT_i^{t+m}$ -
(7) 1 0 0 1	$FT_i^t = 1 - FT_i^{t+m}$
(8) 1 0/1 0 1	- $FT_i^t \geq 1 - FT_i^{t+m}$
(9) 1 1 0 1	$FT_i^t \leq FT_i^{t+m}$ $FT_i^t \geq 1 - FT_i^{t+m}$

Abbildung 9 zeigt die neun Kombinationen als mathematische (Un-)Gleichungen. Diese weisen folgende Regelmäßigkeiten auf.

- Mehrdeutig bestimmte (abhängige) Variablen ($FT_i^{t+m} = 0/1$, vgl. Kombination (2), (5), (8): 1 - 0/1 sowie (4), (5), (6): 0 - 0/1) führen zu keiner Ungleichung. Dies ist mit unseren einleitenden Überlegungen in Kapitel 4.1.1 kompatibel und in der rechten Tabellenhälfte durch das Symbol „-“ markiert.⁸
- Eindeutig bestimmte (abhängige) Variablen ($FT_i^{t+m} = 0 \vee 1$) weisen gegenüber der unabhängigen Variablen entweder den gleichen ($FT_i^t = FT_i^{t+m} = 1$, $FT_i^t = FT_i^{t+m} = 0$) oder den entgegengesetzten Wert ($FT_i^t = 1$ (0), $FT_i^{t+m} = 0$ (1)) auf. Ersteres bezeichnen wir als „gleichläufig“, letzteres als „gegenläufig“.
- Liegen gleichläufig ausgeprägte Variablen vor (vgl. Kombination (1), (2), (3): 0 - 0 und (3), (6), (9): 1 - 1), werden die unabhängige und die abhängigen Variable betrachtet. Liegen gegenläufig ausgeprägte Variablen vor (vgl. Kombination (1), (4), (7): 1 - 0 und (7), (8), (9): 0 - 1), sind die unabhängige Variable und das Komplement zur abhängigen Variablen ($1 - FT_i^{t+m}$) relevant.

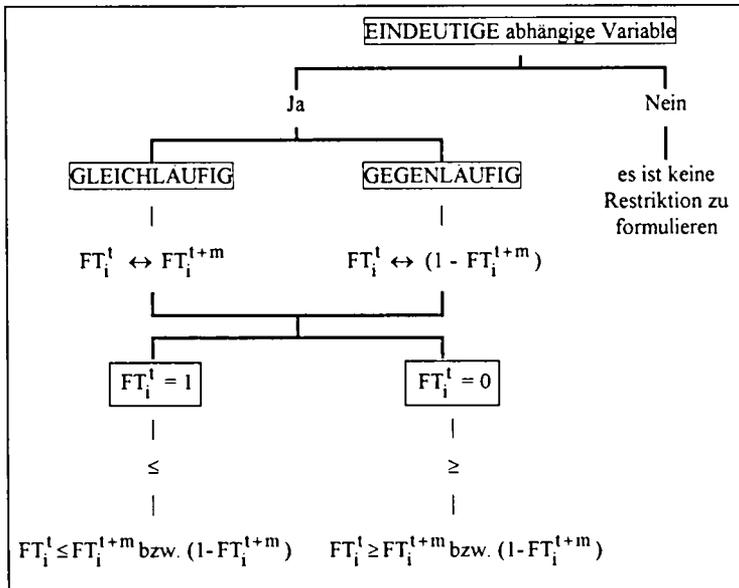
frei ist ($x = 1$), dann muß auch der folgende Sonntag arbeitsfrei sein ($y = 1$).“

⁸ Vgl. insb. Kombination 5. Sie setzt sich aus zwei unbestimmten Fällen zusammen (1 - 0/1, 0 - 0/1), wirkt inhaltlich nicht restringierend und ist für die Modellformulierung irrelevant.

- Folgt der eindeutige Wert der abhängigen Variablen dem Wert 1 der unabhängigen Variablen ($FT_i^1 = 1$; vgl. Kombination (3), (6), (9): 1 - 1 und (1), (4), (7): 1 - 0), werden die unabhängige Variable und die abhängige Variable bzw. deren Komplement als kleiner-gleich-Restriktion⁹ verknüpft. Folgt der eindeutige Wert der abhängigen Variablen dem Wert 0 der unabhängigen Variablen ($FT_i^1 = 0$; vgl. Kombination (1), (2), (3): 0 - 0 und (7), (8), (9): 0 - 1), ist eine größer-gleich-Restriktion¹⁰ formuliert. Beim Vorliegen von zwei eindeutig bestimmten abhängigen Variablen mit je gleich- oder je gegenläufiger Ausprägung (vgl. Kombination (3), (7)) werden die beiden Ungleichungen zu einer Gleichung zusammengefügt.

Aus diesen Regelmäßigkeiten leiten wir unter Rückgriff auf die im Text unterstrichenen Begriffe folgenden (vereinfachten) Entscheidungsbaum für die Formulierung der Restriktionen der Abbildungssituation 1 ab. Die „Entscheidungsknoten“ sind durch Rechtecke markiert.

Abb. 10: Formulierungsvorschriften für die Restriktionen der Abbildungssituation 1



⁹ Die Vorschrift der Verknüpfung als kleiner-gleich-Restriktion setzt voraus, daß die unabhängige Variable auf der linken Ungleichungsseite steht und die Leserichtung von links nach rechts beibehalten wird.

¹⁰ Fußnote 9 gilt entsprechend.

Der Entscheidungsbaum ist für jede eindeutig bestimmte abhängige Variable einer Kombination zu durchlaufen. Exemplarisch demonstrieren wir dies für die mit folgendem Bsp. belegbare Kombination 7 (1 0 0 1): „Wenn an einem Samstag ein Freizeittag vorgesehen wird, dann darf der darauffolgenden Samstag kein Freizeittag sein; ist dagegen am betrachteten Samstag kein Freizeittag vorgesehen, dann muß der folgende Samstag arbeitsfrei sein“. In einem ersten Schritt stellen wir fest, daß die Ausprägung der abhängigen Variablen in beiden Fällen der Implikation eindeutig ist, somit zwei Restriktionen zu formulieren sind. Für den Fall 1 0 („Wenn Samstag ein Freizeittag ist, dann darf der darauffolgenden Samstag kein Freizeittag sein“) gilt, daß der Wert der unabhängigen (FT_i^1) und der abhängigen Variablen (FT_i^{1+m}) gegenläufig ist, es folgt die Verbindung von FT_i^1 und $(1-FT_i^{1+m})$. Der eindeutige Wert der abhängigen Variablen folgt dem Wert 1 der unabhängigen Variablen ($FT_i^1 = 1$), wir formulieren die kleiner-gleich-Restriktion $FT_i^1 \leq 1-FT_i^{1+m}$ und können diese umformen in $FT_i^1 + FT_i^{1+m} \leq 1$. Für den Fall 0 1 („Wenn am betrachteten Samstag kein Freizeittag vorgesehen ist, dann muß der folgende Samstag arbeitsfrei sein“) gilt, daß die Ausprägungen der unabhängigen und der abhängigen Variablen gegenläufig sind und der eindeutige Wert der abhängigen Variablen dem Wert 0 der unabhängigen Variablen ($FT_i^1 = 0$) folgt. Wir verbinden die unabhängige Variable mit dem Komplement der abhängigen Variablen zur größer-gleich-Restriktion $FT_i^1 \geq 1-FT_i^{1+m}$ und können diese umformen zu $FT_i^1 + FT_i^{1+m} \geq 1$. Beide Ungleichungen lassen sich zu folgender Gleichung zusammenfassen: $FT_i^1 + FT_i^{1+m} = 1$; sobald eine der Variablen den Wert 1 annimmt, muß die andere 0 sein. Die Restriktionen¹¹ (S1.6), (S2.6), (S2.9), (SQ.7), (T1.7), (T3.6) - sie begrenzen die Lage zulässiger Pausen - sowie die Restriktionen (D2.3), (D3.3), (D5.4), (D6.4), (T3.8) - sie begrenzen die Zahl der Arbeitstage zwischen zwei Freizeiten - resultieren aus diesem Vorgehen. Allein aufgrund der nur innerhalb eines zeitlichen Rahmens bestimmten abhängigen Variablen wirken sie kompliziert.

Betrachten wir die zweite Abbildungssituation „Steuervariable und abhängige Variablenengruppe“, so müssen wir für jede abhängige Variable eines Falles prüfen, ob ihre Ausprägung eindeutig bestimmt ist. Liegt Eindeutigkeit vor, ist zu prüfen ob ihr Wert gleich- oder gegenläufig zum Wert der Steuervariablen ist und letztere den Wert 1 oder 0 aufweist. Bezeichnet M^* die Zahl der eindeutig bestimmten abhängigen Variablen, so durchlaufen wir den Entscheidungsbaum der ersten Abbildungssituation M^* -mal. Im Anschluß werden die resultierenden Ungleichungen zu einer addiert¹². Zur Erläuterung

¹¹ Die Bezeichnung der Restriktionen ergibt sich wie folgt (Modellbezeichnung. Nummer der Restriktion). Die Modelle S1 - SQ befinden sich in Kap. 4.2, D1 - D6 in 4.3, T1 - TQ in Kap. 4.4

¹² Eine alternative Formulierung für Abbildungssituation 2, welche nur den Steuervariablenwert 1 und den Wert 0 der abhängigen Variablen erfaßt und zu nichtlinearen Restriktionen führt, zeigt

dieses Vorgehens betrachten wir das Beispiel, daß nach der Gewährung einer Freizeit drei zusammenhängende Arbeitstage folgen müssen¹³. Wir formulieren die Implikation WENN $FT_i^t = 1$ ist, DANN muß $FT_i^{t+1} = FT_i^{t+2} = FT_i^{t+3} = 0$ sein, während $FT_i^{t+4} = 0$ oder 1 sein kann (als Kombination¹⁴: 1 0 0 0 0/1). Die Schritte durch den Entscheidungsbaum beschreiben wir verbal:

- Alle drei eindeutig bestimmten abhängigen Variablen sind zur Steuervariablen FT_i^t gegenläufig, wir betrachten die Komplemente der abhängigen Variablen $(1-FT_i^{t+1})$, $(1-FT_i^{t+2})$, $(1-FT_i^{t+3})$.
- Die abhängigen Variablen folgen dem Steuervariablenwert 1, wir formulieren drei kleiner-gleich-Restriktionen ($FT_i^t \leq 1-FT_i^{t+1}$, $FT_i^t \leq 1-FT_i^{t+2}$, $FT_i^t \leq 1-FT_i^{t+3}$) und können diese wie folgt umstellen: $FT_i^t + FT_i^{t+1} \leq 1$, $FT_i^t + FT_i^{t+2} \leq 1$, $FT_i^t + FT_i^{t+3} \leq 1$.
- Zuletzt addieren wir die drei Restriktionen: $3 \cdot FT_i^t + FT_i^{t+1} + FT_i^{t+2} + FT_i^{t+3} \leq 3$. Nimmt FT_i^t den Wert 1 an, müssen alle folgenden Variablen den Wert 0 annehmen. Nimmt FT_i^t den Wert 0 an, können alle im weiteren summierten Variablen den Wert 0 oder 1 annehmen.

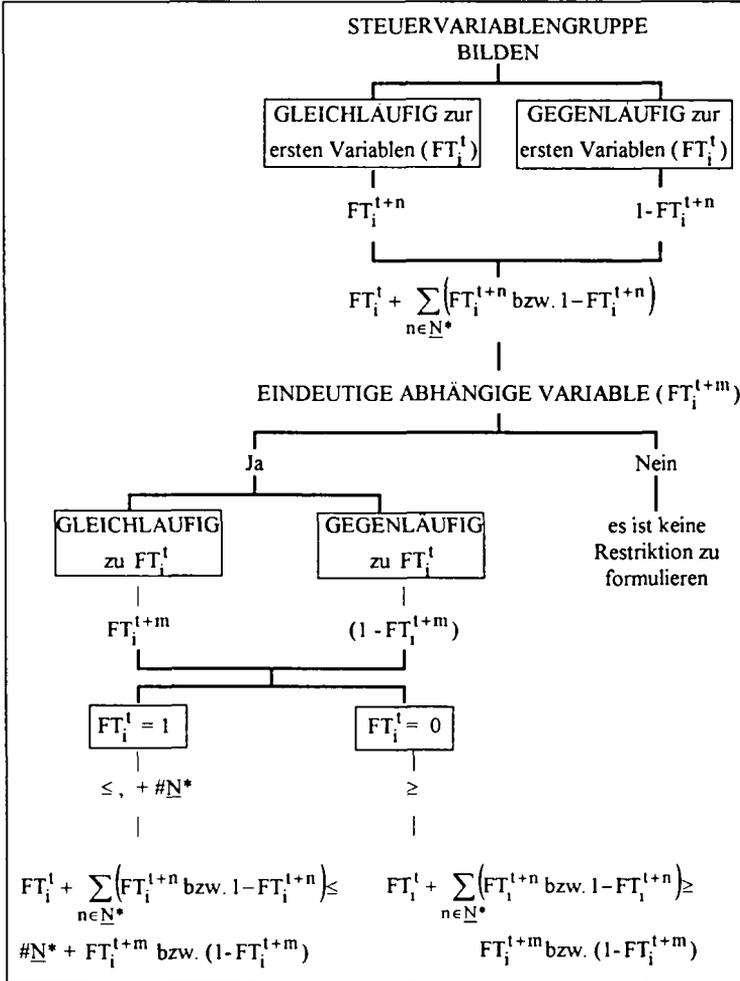
Dieses Vorgehen gelingt gleichfalls, wenn die eindeutig bestimmten abhängigen Variablen dem Steuervariablenwert 0 folgen, bzw. nur ein Teil der abhängigen Variablen gegenläufig, ein anderer Teil gleichläufig ist¹⁵. Die Restriktionen (S0.5), (S1.5), (SQ.6), (T1.6), (T2.6), (T2.8) und (T3.5) - sie verhindern einen Einsatz nach dem Ende der Anwesenheitsdauer - sowie die Ausschlußbedingungen (S1a.6), (D3.4) und die Restriktionen (D6.5), (T4.9) - sie gewähren eine Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage - entsprechen diesem Vorgehen. Allein aufgrund der allgemeinen Summa-

TAHA (1975), S. 12 - 14 am Bsp. der Reihenfolgeplanung.

- ¹³ Die Situation, daß ein Arbeitstag vorliegt ($FT_i^t = 0$) bedingt keine Entscheidung.
- ¹⁴ Die Schreibweise 1 0 0 0 0/1 erfaßt fettgedruckt die Steuervariable, dann die drei eindeutig bestimmten abhängigen Variablen sowie die folgende, im weiteren nicht zu berücksichtigende, mehrdeutige abhängige Variable. Den Sachverhalt des Beispiels finden wir leicht modifiziert in den Modellen D3, D6 und T4. Dort betrachten wir Freizeitblöcke unterschiedlicher Dauer und verlangen nach deren Ende eine Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage.
- ¹⁵ Vgl. folgendes Bsp.: Es sollen mindestens zwei zusammenhängende Freizeittage gewährt werden (WENN $FT_i^t = 1$, DANN muß $FT_i^{t+1} = 1$ sein), während mindestens drei Tage am Stück gearbeitet werden müssen (WENN $FT_i^t = 0$, DANN muß $FT_i^{t+1} = FT_i^{t+2} = 0$ sein) Als Kombination: 1 1 0/1, 0 0 0. Als Restriktion: $FT_i^t \leq FT_i^{t+1}$, umformuliert zu $FT_i^t - FT_i^{t+1} \leq 0$ und $2 \cdot FT_i^t \geq FT_i^{t+1} + FT_i^{t+2}$, umformuliert zu $2 \cdot FT_i^t - FT_i^{t+1} - FT_i^{t+2} \geq 0$.

tionsgrenzen bzw. der zu berücksichtigenden Zyklen¹⁶ wirken sie kompliziert. Ebenso läßt sich (T1.5) auf diese Struktur zurückführen¹⁷.

Abb. 11: Formulierungsvorschriften für die Restriktionen der Abbildungssituation 3



¹⁶ Vgl. Kap. 4.3.1.1.

¹⁷ Zu bedenken ist, daß die Entscheidungsbäume Formulierungshilfen sind. Für jeden Sachverhalt ist zu prüfen, ob die resultierenden Restriktionen vereinfacht werden können.

Betrachten wir Abbildungssituation 3 „Steuervariablengruppe und abhängige Variable“, so müssen wir zunächst die Struktur der Steuervariablengruppe erfassen. Dazu orientieren wir uns an dem Wert der ersten unabhängigen Variablen und addieren alle unabhängigen Variablen, die den gleichen Wert aufweisen bzw. für die gegenläufig ausgeprägten unabhängigen Variablen deren Komplemente. Bzgl. der eindeutig bestimmten abhängigen Variablen folgen wir den Entscheidungsknoten der Formulierungsvorschriften für die Restriktionen der Abbildungssituation 1. Dabei orientieren wir uns stets an der ersten unabhängigen Variablen und addieren - anders als in den beiden ersten Situationen - bei der Formulierung der kleiner-gleich-Restriktion zur abhängigen Variablen/zu deren Komplement die Zahl der unabhängigen Variablen abzüglich des Wertes 1. Dieser Wert 1 symbolisiert die erste unabhängige Variable, welche als Bezugspunkt für alle folgenden Variablen dient. Die folgenden Beispiele verdeutlichen dieses Vorgehen.

- Zunächst gehen wir davon aus, daß zwei Einsätzen an aufeinanderfolgenden Samstagen ein arbeitsfreier Samstag folgen muß. Wir transformieren dies in folgende Wenn-Dann-Aussage: WENN $FT_i^t = FT_i^{t+n} = 0$ ist (Steuervariablengruppe)¹⁸, DANN muß $FT_i^{t+m} = 1$ sein (eindeutige abhängige Variable); der zweite Fall ($FT_i^t = FT_i^{t+n} = 1$) ist unbestimmt ($FT_i^{t+m} = 0/1$)¹⁹. Zur formalen Abbildung des eindeutigen Falles addieren wir die unabhängigen Variablen. Die abhängige Variable ist zur ersten unabhängigen Variablen gegenläufig, wir erfassen deren Komplement ($1 - FT_i^{t+m}$). Im Anschluß formulieren wir eine größer-gleich-Restriktion, denn der eindeutige Wert der abhängigen Variablen folgt dem Wert 0 der ersten unabhängigen Variablen. Die ausformulierte Restriktion des Beispiels lautet dann: $FT_i^t + FT_i^{t+n} \geq 1 - FT_i^{t+m}$, umgestellt: $FT_i^t + FT_i^{t+n} + FT_i^{t+m} \geq 1$. Nehmen beide unabhängigen Variablen den Wert 0 an, muß die abhängige Variable den Wert 1 annehmen, nimmt nur eine oder keine Steuervariable den Wert 0 an, kann die abhängige Variable den Wert 0 oder 1 annehmen, sie ist nicht restringiert.
- Soll nach zwei aufeinanderfolgenden arbeitsfreien Samstagen ($FT_i^t = FT_i^{t+n} = 1$) ein Einsatz am Samstag der dritten Woche erzwungen werden ($FT_i^{t+m} = 0$), die Zahl der aufeinanderfolgenden Einsätze an Samstagen dagegen nicht begrenzt werden, ist wie folgt vorzugehen. Wir addieren die (gleichläufigen) unabhängigen Variablen der Steuervariablengruppe. Für die eindeutig bestimmte abhängige Variable erfassen wir (erneut) ihr Komplement; sie ist gegenläufig zur ersten unabhängigen Variablen ausgeprägt. Ihr eindeutiger Wert folgt dem Wert 1 der ersten unabhängigen Variablen, so daß wir eine kleiner-gleich-Restriktion formulieren und zur abhängi-

¹⁸ n symbolisiert den zeitlichen Abstand zwischen den Perioden der unabhängigen Variablen

¹⁹ In Kombinationsschreibweise lautet dies: 1 1 0/1, 0 0 1.

gen Variablen die Zahl der unabhängigen Variablen abzüglich des Wertes 1 addieren. Die ausformulierte Restriktion lautet dann: $FT_i^1 + FT_i^{1+n} \leq (1 - FT_i^{1+m}) + 2 - 1$, umgestellt zu $FT_i^1 + FT_i^{1+n} + FT_i^{1+m} \leq 2$. Nehmen beide unabhängigen Variablen den Wert 1 an, muß die abhängige Variable den Wert 0 annehmen, nimmt nur eine oder keine unabhängige Variable den Wert 1 an, kann die abhängige Variable den Wert 0 oder 1 annehmen, sie ist nicht restringiert²⁰.

Dieses exemplarische Vorgehen läßt sich - in Anlehnung an Abbildung 10 - gemäß Abbildung 11 in einem Entscheidungsbaum darstellen. N^* bezeichnet die Menge der unabhängigen Variablen ohne deren erstes Element. Die „Entscheidungsknoten“ sind durch Rechtecke markiert. Die Restriktionen (S1a.8), (S2a.8), (S2a.11), (T2.9) - sie begrenzen die Lage zulässiger Pausen - entsprechen dieser Abbildungssituation. Allein dadurch, daß die abhängige Variable nur innerhalb eines Zeitraums bestimmt ist, erscheinen sie kompliziert. Ebenso lassen sich die Restriktionen (S0.3), (S1.3), (S2.7), (S0a.4), (S1a.4), (S2a.9), (SQ.4), (T1.3), (T2.4), (T3.3) - sie dienen dem Erkennen eines Einsatzbeginns oder einer bereits gewährten Pausenlage - sowie die Restriktionsgruppe (D2.4) und (T2.7) auf diese Struktur zurückführen.

Betrachten wir die Abbildungssituation 4 „Steuervariablengruppe und abhängige Variablengruppe“, so müssen wir - ähnlich dem Vorgehen der Abbildungssituation 2 - den unteren Teil des Entscheidungsbaumes in Abbildung 11 für jede der eindeutig bestimmten abhängigen Variablen durchlaufen und die resultierenden Ungleichungen addieren. Für z.B. die Steuervariablengruppe $x_1 = x_2 = 1$ und die abhängigen Variablen $x_3 = x_4 = x_5 = 0$ ²¹ gehen wir wie folgt vor: beide Steuervariablen sind gleichläufig, wir betrachten $x_1 + x_2$. Die abhängigen Variablen sind alle gegenläufig, wir betrachten $(1 - x_3)$, $(1 - x_4)$, $(1 - x_5)$. Bezogen auf die erste unabhängige Variable folgt jede abhängige Variable dem Variablenwert 1, wir formulieren drei kleiner-gleich-Restriktionen und addieren jeweils die Zahl der unabhängigen Variablen abzüglich des Wertes 1: $x_1 + x_2 \leq (1 - x_3) + 1$, $x_1 + x_2 \leq (1 - x_4) + 1$ und $x_1 + x_2 \leq (1 - x_5) + 1$. Diese können wir zu einer Ungleichung addieren [$3 \cdot (x_1 + x_2) \leq (1 - x_3) + 1 + (1 - x_4) + 1 + (1 - x_5) + 1$] und zu folgender Restriktion transformieren: $3 \cdot (x_1 + x_2) + x_3 + x_4 + x_5 \leq 6$. Nehmen

²⁰ Für den Fall von gegenläufigen Steuervariablen z.B. $x_1 = 1$, $x_2 = 0$ und einer abhängigen Variablen des Wertes 1 ($x_3 = 1$) lautet die resultierende Restriktion: $x_1 + (1 - x_2) \leq 1 + x_3$, bzw. umgestellt $x_1 - x_2 - x_3 \leq 0$. Für den Fall, daß bei gleicher Struktur der Steuervariablengruppe ($x_1 = 1$, $x_2 = 0$) die abhängige Variable x_3 die Ausprägung 0 annehmen soll, lautet die resultierende Restriktion: $x_1 + (1 - x_2) \leq 1 + (1 - x_3)$, bzw. umgestellt $x_1 - x_2 + x_3 \leq 1$. Dieses Vorgehen führt auch bei Steuervariablengruppen, die mehr als zwei Variablen umfassen, zur gewünschten, abbildungskorrekten Ungleichung.

²¹ Eine solche Struktur werden wir in den Modellen des shift-scheduling bei offenen Arbeitszeitdauern vorfinden, wenn wir in Abhängigkeit vom Einsatzbeginnzeitpunkt und von der gewählten Arbeitszeitkategorie (unabhängige Variablen) einen Einsatz nach dem Ende der Anwesenheitszeit (abhängige Variablen) verhindern (vgl. Kap. 4 2.3).

beide unabhängigen Variablen den Wert 1 an ($3 \cdot (1 + 1) = 6$), müssen aufgrund der Begrenzung der rechten Ungleichungsseite alle abhängigen Variablen den Wert 0 annehmen. Nimmt dagegen nur eine oder keine Steuervariable den Wert 1 an, sind die abhängigen Variablen nicht restringiert²². Die in den Modellen S0a, S1a, S2a und T2 formulierten Restriktionen zur Verhinderung eines Einsatzes nach dem Ende der zu wählenden Arbeitszeitdauer [vgl. (S0a.6), (S1a.7), (T2.8)] entsprechen diesem Vorgehen, Restriktion (T2.7) läßt sich darauf zurückführen.

4.2. Anwendungsfall shift-scheduling: stundenbezogene Arbeitszeit für den Planungszeitraum Tag

4.2.1. Planungsrelevante Systematik der Arbeitszeitformen

Zur Systematisierung der planungsrelevanten Arbeitszeitformen bedienen wir uns der in Kapitel 2.1.2 abgeleiteten Kriterien flexibler Arbeitszeiten sowie der in Kapitel 3.2 analysierten rechtlichen Regeln. Aus ersteren leiten wir unter Rückgriff auf die Kriterien der Chronometrie und Chronologie (Entscheidungsobjekt) sowie der Entscheidungszeit zunächst folgende zwei Arbeitszeitformen ab²³.

1. Arbeitszeitformen, deren tägliche Arbeitszeitdauer bereits vor Beginn der Einsatzplanung festliegt. In den Planungsmodellen wird lediglich über die Lage der Arbeitszeitdauer sowie über die Lage der von der Arbeitszeitdauer abhängigen (Gesamt-)Pausendauer entschieden (gegebene Chronometrie, offene Chronologie, der Entscheidungszeitpunkt bzgl. der Chronometrie liegt vor dem der Einsatzplanung). Wir sprechen von Formen „gegebener Arbeitszeitdauer“.

²² Für den Fall, daß die gleichläufigen Steuervariablen für die Ausprägung des Wertes 0 als auslösendes Moment wirken ($x_1 = x_2 = 0$) und die abhängigen Variablen den Wert 1 annehmen sollen ($x_3 = x_4 = x_5 = 1$), betrachten wir die Variablen $x_1 + x_2$ sowie die Komplemente der abhängigen Variablen $(1 - x_3)$, $(1 - x_4)$, $(1 - x_5)$. Da die eindeutig bestimmten abhängigen Variablen dem Wert 0 der unabhängigen Variablen folgen, formulieren wir großer-gleich-Ungleichungen [$x_1 + x_2 \geq (1 - x_3)$, $x_1 + x_2 \geq (1 - x_4)$, $x_1 + x_2 \geq (1 - x_5)$]. Diese fassen wir wie folgt zusammen: $3 \cdot (x_1 + x_2) + x_3 + x_4 + x_5 \geq 3$; d.h. wenn $x_1 = x_2 = 0$, dann muß $x_3 = x_4 = x_5 = 1$ sein. Betrachten wir gegenläufige Steuervariablen z.B. $x_1 = 1$ und $x_2 = 0$ und zwei eindeutig bestimmte abhängige Variablen, die den Wert 1 annehmen sollen ($x_3 = x_4 = 1$) lautet die resultierende Restriktion nach Durchlaufen des Entscheidungsbaumes: $2 \cdot (x_1 + 1 - x_2) \leq 1 + x_3 + 1 + x_4$ bzw. umgestellt $2 \cdot (x_1 - x_2) - x_3 - x_4 \leq 0$. Für den Fall, daß für $x_1 = 0$ und $x_2 = 1$ die abhängigen Variablen x_3 und x_4 den Wert 1 annehmen sollen, lautet die resultierende Restriktion nach Durchlaufen des Entscheidungsbaumes: $2 \cdot (x_1 + 1 - x_2) \geq 1 - x_3 + 1 - x_4$, bzw. umgestellt $2 \cdot (x_1 - x_2) + x_3 + x_4 \geq 0$. Andere Kombinationen der Variablenausprägungen sind denkbar und anhand des Entscheidungsbaumes in Restriktionen transformierbar.

²³ Vgl. bzgl. der Annahmen über die hier nicht betrachteten Flexibilitätskriterien die Ausführungen zu den theoretisch abgeleiteten Arbeitszeitformen in Kap. 2.2.1.

2. Arbeitszeitformen, deren tägliche Arbeitszeitdauer - innerhalb eines gegebenen Rahmens - erst während der Einsatzplanung festgelegt wird. In den Planungsmodellen wird sowohl über die Dauer als auch über die Lage der Arbeitszeit sowie über die Lage der von der Arbeitszeitdauer abhängigen (Gesamt-)Pausendauer entschieden (offene Chronometrie, offene Chronologie, der Entscheidungszeitpunkt bzgl. der Chronometrie ist identisch mit dem Entscheidungszeitpunkt der Einsatzplanung)²⁴. Wir sprechen von Formen „offener Arbeitszeitdauer“.

Die beiden Arbeitszeitformen kombinieren wir mit den abgeleiteten rechtlichen Regelungen zur Ruhepause. Unter der Annahme halbstündiger Planungsabschnitte hatten wir dort Arbeitszeitdauern mit dem Erfordernis keiner, einer und zweier Pausen unterschieden. Abbildung 12 zeigt die resultierende Systematik der Arbeitszeitformen; sie dient als Gliederungsbasis dieses Kapitels sowie seiner Modelle.

Abb. 12: Planungsrelevante Systematik der Arbeitszeitformen für den Anwendungsfall shift-scheduling

	0 PAUSEN	1 PAUSE	2 PAUSEN
GEGEBENE Arbeitszeitdauer	Modell S0	Modell S1	Modell S2
OFFENE Arbeitszeitdauer	Modell S0a	Modell S1a	Modell S2a

Um sich auf die unterschiedlichen Erfordernisse an die Pausenlage konzentrieren zu können, werden wir im folgenden - unter der Annahme (qualitativer) Bereitstellungs- und Verwendungseindeutigkeit - die Fälle gegebener Arbeitszeitdauern mit keiner, einer und zwei Pausen erarbeiten (Modell S0, S1, und S2). In Punkt 4.2.3 erfolgt die Verbindung zu den Fällen offener Arbeitszeitdauern (Modell S0a, S1a, S2a), in Punkt 4.2.4 die Integration von (qualitativer) Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten. Wir gehen stets von einem gegebenen, in halbstündigen Abschnitten schwankenden Personalbedarf und einer gegebenen Personalausstattung aus (Modelle der reinen Personaleinsatzplanung) und betrachten einen eintägigen Planungszeitraum sowie individuelle Arbeitskräfte.

4.2.2. Arbeitszeitformen mit gegebener Arbeitszeitdauer und variabler Lage

4.2.2.1. Gegebene Arbeitszeitdauern ohne Pausenerfordernis

Arbeitszeiten, welche nach den rechtlichen Regelungen keine Pause erfordern, dürfen eine Dauer von sechs Stunden nicht überschreiten (§4 S.3 ArbZG). Gemäß den Aus-

²⁴ Wir erkennen Elemente der Arbeitszeitformen Bandbreitenmodell bzw. KAPOVAZ (vgl. Kap 2.2.2)

fürungen in Kapitel 3.2.1 dürfen sie eine Dauer von (mindestens) drei Stunden nicht unterschreiten. Die Variabilität ihrer Lage wird begrenzt durch die Dauer und Lage der Betriebszeit; die Anwesenheitszeit²⁵ ist identisch mit der Arbeitszeit. Bezugnehmend auf Kapitel 2.2.1 berücksichtigen wir die Entscheidungsinteressen der Arbeitskräfte. Deren Arbeitszeitwünsche können sich aufgrund der gegebenen Dauer der Arbeitszeit allein auf die Lage derselben beziehen. Zur Abbildung von Arbeitszeitformen gegebener Dauer und variabler Lage formulieren wir ein Modell der reinen Personaleinsatzplanung. In dessen Zielfunktion wird die Summe der Arbeitszeitpräferenzen der Arbeitskräfte maximiert²⁶. Im Restriktionsraum gewährleisten wir die Deckung des Personalbedarfs sowie den Einsatz der Arbeitskräfte während der gesamten Dauer ihrer Arbeitszeit. Für die zu entscheidende Lage der Arbeitszeit formulieren wir Restriktionen zum Erkennen und Erzwingen des arbeitskraftspezifischen Einsatzbeginns und zur Verhinderung von Einsätzen nach dem Ende ihrer Arbeitszeit. Wir führen folgende neue Symbole ein:

Datum

$\overline{P\bar{B}}_s$:= Personalbedarf in Periode s (s ist ein halbstündiger Abschnitt)

\overline{AZ}_i := Arbeitszeitdauer der Arbeitskraft i , gemessen in Perioden (halbstündige Abschnitte)

Variablen

PE_{is} := $\begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ in Periode } s \text{ eingesetzt wird} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$

u_{is} := $\begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ in Periode } s \text{ mit ihrem Einsatz beginnt} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$

Koeffizient

Ω_i^s := Präferenzwert der Arbeitskraft i für die Lage der Arbeitszeit (erfaßt anhand des Beginnzeitpunktes s)

MODELLFORMULIERUNG

Zielfunktion

$$\sum_{i=1}^I \sum_{s=1}^{\overline{AZ}_i + 1} \Omega_i^s \cdot u_{is} = \max \quad (S0.Z)$$

²⁵ Die Anwesenheitszeit setzt sich zusammen aus der Arbeits- und Pausenzeit (vgl. Kap. 3.2.1).

²⁶ Vgl. zur Problematik der Erfassung der Arbeitnehmerpräferenzen sowie deren Umsetzung in Präferenzwerte Kap. 5.1.1.

Deckung des Personalbedarfs

$$\overline{PB}_s \leq \sum_{i=1}^I PE_{is} \quad \forall s = 1, 2, \dots, S \quad (S0.1)$$

Sicherstellen der gegebenen Arbeitszeitdauer

$$\sum_{s=1}^S PE_{is} = \overline{AZ}_i \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (S0.2)$$

Erkennen der Beginnzeitpunkte

$$PE_{is} - \sum_{s'=1}^{s-1} PE_{is'} \leq u_{is} \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{AZ}_i + 1 \quad (S0.3)$$

Erzwingen eines Beginnzeitpunktes

$$\sum_{s=1}^{S - \overline{AZ}_i + 1} u_{is} = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (S0.4)$$

Kein Einsatz nach dem Ende der Arbeitszeitdauer

$$(S - (s + \overline{AZ}_i) + 1) \cdot u_{is} + \sum_{s'=s+\overline{AZ}_i}^S PE_{is'} \leq S - (s + \overline{AZ}_i) + 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{AZ}_i \quad (S0.5)$$

Nichtnegativitäts- und Ganzzahligkeitsbedingung

$$PE_{is}, u_{is} \in \{0, 1\} \quad \forall \text{rel. } i, s$$

ERLÄUTERUNGEN ZU MODELL S0

Erläuterung zur Zielfunktion

Die Summe der Arbeitnehmerpräferenzen bezüglich der Lage ihrer Arbeitszeit ist zu maximieren²⁷. Bei gegebener Dauer der Arbeitszeit pro Arbeitskraft hängt deren Lage allein vom Einsatzbeginnzeitpunkt ab. Folglich läßt sich anhand dessen die Lage der Arbeitszeit erfassen.

Erläuterung zur Deckung des Personalbedarfs

Der halbstündlich schwankende Personalbedarf ist mit den eingesetzten Arbeitskräften (mindestens) zu decken. Die kleiner-gleich-Restriktion läßt eine Überdeckung des Per-

²⁷ Vgl. zur ausführlichen Analyse dieser und aller weiteren Zielfunktionen Kap. 5.1.2 und 5.1.3. Vgl. zur Bestimmung der Summationsobergrenze ($s = 1, 2, \dots, S - \overline{AZ}_i + 1$) die Erläuterungen zu Restriktion (S0.3).

sonalbedarfs zu; deren Höhe ist aufgrund von Restriktion (S0.2) (implizit) begrenzt²⁸. Würde die Personalbedarfsüberdeckung anhand einer eigenen Variablen erfaßt²⁹, führte dies allein zu einer Erhöhung der Variablenzahl, ohne daß die entsprechende Variable mit Kosten oder Erträgen belegt bzw. quantitativ oder temporal (explizit) begrenzt ist.

Erläuterung zum Sicherstellen der gegebenen Arbeitszeitdauer

Jede Arbeitskraft muß (Formulierung einer Gleichung) für die gesamte Dauer der von ihr zur Verfügung gestellten Arbeitszeit eingesetzt werden. Dies entspricht der vertraglichen Pflicht des Arbeitgebers³⁰; sie kann zu Personalbedarfsüberdeckungen führen. Damit dominiert die arbeitsrechtliche Regelung die ökonomische Kapazitätsrestriktion der (zeitlichen) Personalverfügbarkeit. Diese besagt, daß das Unternehmen nicht mehr Arbeitszeit verplanen kann, als ihm von den Arbeitskräften zur Verfügung gestellt wird³¹. Sie wird als Ungleichung formuliert.

Erläuterung zum Erkennen und Erzwingen der Beginnzeitpunkte

Das Erkennen (und Erzwingen) des Einsatzbeginns der Arbeitskräfte hilft, die Lage der (gegebenen) Arbeitszeitdauer zu bestimmen und einen Einsatz vor dem Beginn und nach dem Ende derselben zu verhindern. Der Einsatzbeginn hängt ab von den potentiellen Beginnzeitpunkten der Arbeitszeitdauer. Diese erstrecken sich von der Periode $s = 1$ bis zu der Periode, ab der die gesamte Arbeitszeitdauer noch erfüllt werden kann ($s = S - \bar{A}Z_i + 1$). Für jeden dieser Beginnzeitpunkte formulieren wir eine Binärvariable (u_{is}). Diese wird den Wert 1 annehmen, wenn die betrachtete Arbeitskraft i in der betrachteten Periode s erstmals für einen Einsatz vorgesehen ist ($PE_{is} = 1$, der Einsatzbeginn ist erkannt). Ist Arbeitskraft i in der betrachteten Periode nicht oder nicht erstmals für einen Einsatz vorgesehen, nimmt die Binärvariable den Wert 0 an. Restriktion (S0.3) - ihre Struktur läßt sich auf die Abbildungssituation 3 in Kapitel 4.1.2 zurückführen - stellt dies wie folgt sicher:

$$PE_{is} - \sum_{s'=1}^{s-1} PE_{is'} \leq u_{is} \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall s = 1, 2, \dots, S - \bar{A}Z_i + 1 \quad (S0.3)$$

²⁸ Die Personalbedarfsüberdeckung der gesamten Planungsperiode ergibt sich aus der Differenz der Summe der zwingend zu verplanenden Arbeitsstunden der Arbeitskräfte (Datum) und der Summe der Arbeitsstunden des Personalbedarfs (Datum). In der Modelllösung werden die Zeitpunkte der Überdeckung ausgewiesen.

²⁹ Diese hätte die Funktion einer Schlupfvariablen. Die Ungleichung würde zur Gleichung.

³⁰ Vgl. BUNDESARBEITSGERICHT (1956), Bl. 119f. (Ableitung aus dem Persönlichkeitsschutz der Art. 1 und 2 GG); allgemeiner SCHMID/TRENK-HINTERBERGER (1994), S. 80f.; ZÖLLNER/LORITZ (1998), S. 207.

³¹ Vgl. zur Kapazitätsrestriktion der zeitlichen Personalverfügbarkeit die Abstimmung des Personaleinsatzes mit der Personalausstattung im expliziten Ansatz bei KOSSBIEL (1974), S. 15f., (1988), S. 1098 - 1102; (1992b), Sp. 1660f., (1993), Sp. 3130f. sowie Kap. 1.2.2.

Auf der linken Ungleichungsseite ist die Personaleinsatzvariable erfaßt, die für die betrachtete Arbeitskraft (i) und Periode (s) grundsätzlich ($\forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{AZ}_i + 1$) einen Einsatzbeginn symbolisieren kann. Es sind die Personaleinsatzvariablen subtrahiert, die vor der betrachteten Periode liegen; die Differenz der beiden Terme ist auf die Ausprägung der (den Einsatzbeginnzeitpunkt erkennenden) Binärvariablen u_{is} normiert. Die Binärvariable wird zwingend den Wert 1 annehmen, wenn die den ersten Einsatz symbolisierende Personaleinsatzvariable den Wert 1 annimmt und keine der in den Vorperioden liegenden Personaleinsatzvariable bereits diesen Wert angenommen hat (der Einsatzbeginn ist erkannt, ein Einsatz vor selbigem ist nicht vorgesehen)³². In allen anderen Fällen - kein Einsatzbeginn, ein Einsatz in Folge eines Einsatzbeginns oder kein Einsatz aufgrund einer bereits abgeschlossenen Arbeitszeitdauer - kann u_{is} den Wert 0 oder 1 annehmen. Sie wird aufgrund von Restriktion (S0.4) den Wert 0 annehmen, denn diese stellt sicher, daß von den zulässigen Einsatzbeginnzeitpunkten nur eine u_{is} -Variable den Wert 1 annehmen kann³³. Exemplarisch sei die Wirkungsweise der Restriktionen für Arbeitskraft $i = 1$, die Perioden $s = 1, 2, \dots, 4$ unter der Annahme, daß der Einsatz in $s = 1$ beginnt und in $s = 3$ endet, kurz gezeigt:

$$PE_{11} \leq u_{11} \qquad 1 \leq 1 \qquad (S0.3a)$$

$$PE_{12} - PE_{11} \leq u_{12} \qquad 1 - 1 \leq 0/1 \qquad (S0.3b)$$

$$PE_{13} - PE_{11} - PE_{12} \leq u_{13} \qquad 1 - 1 - 1 \leq 0/1 \qquad (S0.3c)$$

$$PE_{14} - PE_{11} - PE_{12} - PE_{13} \leq u_{14} \qquad 0 - 1 - 1 - 1 \leq 0/1 \qquad (S0.3d)$$

Die unbestimmten Variablenausprägungen 0/1 werden aufgrund von Restriktion (S0.4) auf die Werte 0 gedrückt³⁴.

³² Es wird die Personaleinsatzvariable erfaßt, die eine größere Ausprägung hat als alle ihr vorausgehenden Einsatzvariablen, unabhängig davon, ob die dieser Einsatzvariablen folgenden Personaleinsatzvariablen den Wert 1 (ein Einsatz wird vorgesehen) oder 0 (kein Einsatz in Folge des Arbeitszeitendes) annehmen. In den Fällen, in denen die der ersten Einsatzvariablen folgenden Personaleinsatzvariablen nur den Wert 1 annehmen können (dies tritt für Arbeitszeiten ohne Pausen auf, wenn das früheste Arbeitszeitende nach dem letztmöglichen Einsatzbeginnzeitpunkt liegt), kann der Einsatzbeginnzeitpunkt auch durch folgende Restriktion erkannt und erzwungen werden: $PE_{is} = \sum_{s=1}^k u_{is}$, $\forall i = 1, 2, \dots, I$, $\forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{AZ}_i + 1$. Diese Formulierung reduziert die

Zahl der Restriktionen und der „Nonzeros“, der Lösungsalgorithmus kann schneller zu einem Ergebnis kommen.

³³ Nähmen für eine Arbeitskraft i mehrere u_{is} -Variablen die Ausprägung 1 an, würden fälschlicherweise mehrere Restriktionen des Types (S0.5) [Kein Einsatz nach dem Ende der Arbeitszeitdauer] angesprochen. Vgl. auch Abb. 13.

³⁴ Entscheidend ist, daß von der Personaleinsatzvariablen der betrachteten Periode alle Personaleinsatzvariablen der Vorperioden subtrahiert werden. Somit kann die linke Ungleichungsseite außer in der Periode, in der der Einsatz beginnt, maximal 0 werden

Erläuterung zu „Kein Einsatz nach dem Ende der Arbeitszeitdauer“

Für jede Arbeitskraft ($\forall i = 1, 2, \dots, I$) ist sicherzustellen, daß nach dem Ende ihrer Arbeitszeit bis zum Ende der Betriebszeit (S) kein Einsatz vorgesehen wird. Das Ende der Arbeitszeit wird durch ihre Dauer (\overline{AZ}_i) und die Periode ihres Beginns (s) bestimmt. Die Ausschlußbedingung (WENN Arbeitskraft i in Periode s mit einem Einsatz von \overline{AZ} -periodiger Dauer beginnt, DANN darf für diese Arbeitskraft nach dem Ende ihrer Arbeitszeit kein weiterer Einsatz vorgesehen werden), entspricht in ihrer Struktur der Abbildungssituation 2 aus Kapitel 4.1.2. Abbildung 13 zeigt den inhaltlichen Zusammenhang für eine Arbeitszeit fünfständiger ($\overline{AZ} = 10$) und eine Betriebszeit siebenständiger Dauer ($S = 14$) sowie die in (S0.3) erfaßte Ausschlußbedingung eines Einsatzes vor dem Arbeitszeitbeginn.

Abb. 13: Visualisierung der variablen Lage gegebener Arbeitszeitdauern ohne Pausenerfordernis ($\overline{AZ} = 10, S = 14$)

s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
u_{i1}		•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	-	-
-	u_{i2}		•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	-
-	-	u_{i3}		•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-
-	-	-	u_{i4}		•	•	•	•	•	•	•	•	•	-
-	-	-	-	u_{i5}		•	•	•	•	•	•	•	•	•
(1) DANN ← WENN										→ DANN (2)				

„•“ bedeutet: Arbeitszeit (\overline{AZ}_i), wenn in s mit dem Einsatz begonnen wird

„-“ bedeutet: keine Anwesenheit, wenn in s mit dem Einsatz begonnen wird

u_{is} bedeutet: mögliche Einsatzbeginnzeitpunkte, $s = 1, 2, \dots, S - \overline{AZ}_i + 1$ (zählen mit zur Arbeitszeit)

In der Kopfzeile sind die Perioden der siebenständigen Betriebszeitdauer erfaßt. Die fünf folgenden Zeilen visualisieren die Arbeitszeitmuster fünfständiger Dauer bei flexibler Lage. u_{is} erfaßt den Einsatzbeginnzeitpunkt und symbolisiert die WENN-Situation (WENN in Periode s ein Einsatz beginnt). Die beiden DANN-Bedingungen ((1), (2)) beziehen sich auf die Lage der Arbeitszeit (kein Einsatz vor dem Arbeitszeitbeginn, kein Einsatz nach dem Arbeitszeitende). Exemplarisch ist Zeile 2 wie folgt zu lesen: WENN in Periode $s = 2$ mit dem Einsatz begonnen wird, DANN (1) darf in Periode $s = 1$ und DANN (2) darf in den Perioden $s = 12, 13$ und 14 kein Einsatz vorgesehen werden. In der Modellformulierung ist Bedingung (1) in Restriktion (S0.3) miterfaßt. Der in Bedingung (2) erfaßte Zusammenhang verlangt Restriktion (S0.5). Diese gestaltet sich wie folgt:

$$(S - (s + \overline{AZ}_i) + 1) \cdot u_{is} + \sum_{s'=s+\overline{AZ}_i}^S PE_{is'} \leq S - (s + \overline{AZ}_i) + 1$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{AZ}_i \quad (S0.5)$$

Auf der linken Ungleichungsseite der Restriktion sind die Personaleinsatzvariablen erfaßt, die den Einsatz in den Perioden nach Arbeitszeitende symbolisieren (Summation über $s' = s + \overline{AZ}_i, s + \overline{AZ}_i + 1, \dots, S$). Sie müssen den Wert 0 annehmen, sobald in der betrachteten Periode s mit der gegebenen Arbeitszeitdauer begonnen wurde. Um dieses zu erreichen, wird auf der linken Ungleichungsseite zusätzlich die Hilfsvariable erfaßt, die den Einsatzbeginnzeitpunkt in der betrachteten Periode symbolisiert. Sie wird multipliziert mit der Anzahl der erfaßten Personaleinsatzvariablen $(S - (s + \overline{AZ}_i) + 1)$, welche zugleich als Schranke der rechten Ungleichungsseite dient. Durch diese Begrenzung müssen alle erfaßten Personaleinsatzvariablen den Wert 0 annehmen, sobald auf der linken Ungleichungsseite die den Einsatzbeginnzeitpunkt erkennende Hilfsvariable u_{is} den Wert 1 annimmt; ein Einsatz nach Ende der Arbeitszeitdauer ist verhindert. Weist u_{is} dagegen den Wert 0 auf, hat (S0.5) keine beschränkende Wirkung. Die Restriktion ist für alle Einsatzbeginnzeitpunkte mit Ausnahme des letzten³⁵ ($\forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{AZ}_i$) zu formulieren. Für eine beliebige Arbeitskraft i , eine Arbeitszeitdauer von $\overline{AZ}_i = 10$, eine Betriebszeitdauer von $S = 14$ und die Beginnzeitpunkte $s = 1$ und 2 lautet sie wie folgt:

$$s = 1: \quad 4 \cdot u_{i1} + PE_{i11} + PE_{i12} + PE_{i13} + PE_{i14} \leq 4$$

$$s = 2: \quad 3 \cdot u_{i2} + \quad \quad \quad PE_{i12} + PE_{i13} + PE_{i14} \leq 3$$

PRAXISBEISPIEL

Folgendes konstruierte Praxisbeispiel verdeutlicht die Wirkungsweise des Modells: betrachtet wird ein Kaufhaus mit Öffnungszeiten von 9.00 - 18.00 Uhr. Aufgrund erforderlicher Vor- und Nacharbeiten führt dies zu einer Betriebszeit von 8.30 - 18.30 Uhr; das sind 20 halbstündige Planungsperioden ($S = 20$). Dem Kaufhaus stehen fünf Arbeitskräfte zur Verfügung, von denen zwei sechs Stunden ($i = 1, 2; \overline{AZ}_1 = \overline{AZ}_2 = 12$), zwei fünf Stunden ($i = 3, 4; \overline{AZ}_3 = \overline{AZ}_4 = 10$) und eine vier Stunden ($i = 5; \overline{AZ}_5 = 8$) Arbeitszeit bereitstellen. Sie können - abhängig von der 20 Perioden umfassenden Betriebszeit - bei einer Arbeitszeitdauer von 12 Perioden ($i = 1, 2$) frühestens um 8.30, spätestens um 12.30 mit ihrem Einsatz beginnen ($s = 1, 2, \dots, 9$); bei einer Arbeitszeitdauer von 10 Perioden ($i = 3, 4$) beginnen sie frühestens in $s = 1$, spätestens in $s = 11$ und bei einer Arbeitszeitdauer von 8 Perioden ($i = 5$) zwischen $s = 1$ und $s = 13$. Die Präferenzen der Arbeitskräfte für die Lage ihrer Arbeitszeit gestalten sich so, daß

³⁵ Dieser sieht einen Einsatz bis zur letzten Periode vor.

Arbeitskraft $i = 1$ sehr früh, $i = 5$ sehr spät beginnen möchte. Arbeitskraft $i = 2$ und 3 präferieren eher frühe, $i = 4$ eher späte Zeiten. Abbildung 14 zeigt eine Zuordnung möglicher Präferenzwerte³⁶ zu den Beginnzeitpunkten. Die grau schattierten Felder markieren die Perioden, die (arbeitskraftspezifisch) nicht als Beginnzeitpunkte vorgesehen werden können. Abbildung 15 visualisiert die Ausprägungen des schwankenden Personalbedarfs und den Einsatzplan der Lösung. Dort markieren die fett gedruckten Symbole die binäre Hilfsvariable (u_{is}) der Ausprägung 1, die grau schattierten Felder die präferierten Einsatzbeginnzeitpunkte der Arbeitskräfte. Der Zielfunktionswert ist 15.

Abb. 14: Präferenzwerte der Arbeitskräfte für Modell S0

s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
i=1	3	2	1																	
i=2				3	2	1														
i=3	1	2	3																	
i=4							1	2	3											
i=5											1	2	3							

Abb. 15: Einsatzplan mit optimierten Beginnzeitpunkten für den Fall gegebener Arbeitszeitdauern ohne Pausen (Modellösung S0)

s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
p_{B_s}	1	1	1	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	2	2	1	1	1
i=1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-
i=2	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-
i=3	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-
i=4	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-
i=5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x
AO	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-

„x“/„-“ bedeutet: Einsatz/kein Einsatz im Leistungsprozeß

„AO“ bedeutet: Personalüberausstattung

Die Arbeitskräfte arbeiten alle während der (von ihnen) vorgegebenen Arbeitszeitdauer, vor dem Beginn und nach dem Ende der Arbeitszeit ist kein Einsatz im Leistungsprozeß vorgesehen. Alle Arbeitskräfte beginnen in der von ihnen am stärksten präferierten Periode. Die Personalüberausstattung beträgt in Summe zwei Stunden. Sie verteilt sich auf die Perioden $s = 3, 9, 12$ und 18.

³⁶ Vgl. zur allgemeinen Problematik der Erfassung und Skalierung von Präferenz(wert)en die Ausführungen in Kap. 5.1. Vgl. bzgl. einer Analyse des Flexibilitätsgewinns Kap. 5.3.

4.2.2.2. Gegebene Arbeitszeitdauern mit dem Erfordernis einer Pause

Arbeitszeiten mit einer Dauer von mehr als sechs bis maximal neun Stunden erfordern eine mindestens 30minütige Pause (§4 S. 2 ArbZG). Bei Annahme halbstündiger Planungsabschnitte ergeben sich Arbeitszeiten von 6½, 7, 7½, 8, 8½ und 9 Stunden, welche von einer halbstündigen Pause unterbrochen werden. Die Existenz der Pause bedingt die Trennung von Arbeitszeitdauer und Anwesenheitsdauer. Erstere bestimmt unverändert die Zahl einzuplanender halbstündiger Einsätze im Leistungsprozeß. Letztere bestimmt - zusammen mit der Dauer der Betriebszeit - den letztmöglichen Einsatzbeginnzeitpunkt³⁷ sowie die letzte Periode des Einsatzes. In ihrer Lage sind die Arbeitszeitdauer und die Pausendauer variabel. Die Variabilität der Arbeitszeitlege wird durch die Dauer und Lage der Betriebszeit, die der Pausenlage durch die Vorgaben des Arbeitszeitrechts begrenzt. Zur Modellformulierung greifen wir auf die Formulierungen des Modells S0 zurück. Wir modifizieren diese in Teilen und ergänzen sie um die Restriktion zur Gewährleistung einer zulässigen Pause. Wir definieren folgende Symbole:

Datum

\bar{A} := Anwesenheitsdauer (Arbeitszeitdauer und Pausendauer), gemessen in Perioden (halbstündige Abschnitte)

\bar{A}_i := arbeitskraftspezifische Anwesenheitsdauer (Arbeitszeitdauer und Pausendauer), gemessen in Perioden (halbstündige Abschnitte)

Koeffizient

Ω_i^s := Präferenzwert der Arbeitskraft i für die Lage der Pause (erfaßt anhand der Periode s)

MODELLFORMULIERUNG

Zielfunktion

$$\sum_{i=1}^I \left(\sum_{s=1}^{S-\bar{A}_i+1} \Omega_i^s \cdot u_{is} - \sum_{s=1}^S \Omega_i^s \cdot PE_{is} \right) ! = \max \quad (S1.Z)$$

Deckung des Personalbedarfs

$$\bar{P}B_s \leq \sum_{i=1}^I PE_{is} \quad \forall s = 1, 2, \dots, S \quad (S0.1)=(S1.1)$$

³⁷ Der letztmögliche Beginnzeitpunkt einer Arbeitszeitkategorie ist nun die Periode, ab der die Arbeitszeit- und Pausendauer ein letztes Mal komplett erfüllt werden kann.

Sicherstellen der gegebenen Arbeitszeitdauer

$$\sum_{s=1}^S PE_{is} = \overline{AZ}_i \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (S0.2)=(S1.2)$$

Erkennen der Beginnzeitpunkte

$$PE_{is} - \sum_{s'=1}^{s-1} PE_{is'} \leq u_{is} \quad \forall i = 1, 2, \dots, I;$$

$$\forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{A}_i + 1 \quad (S0.3) \approx (S1.3)$$

Erzwingen eines Beginnzeitpunktes

$$\sum_{s=1}^{S - \overline{A}_i + 1} u_{is} = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (S0.4) \approx (S1.4)$$

Kein Einsatz nach dem Ende der Anwesenheitsdauer

$$(S - (s + \overline{A}_i) + 1) \cdot u_{is} + \sum_{s'=s+\overline{A}_i}^S PE_{is'} \leq S - (s + \overline{A}_i) + 1$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{A}_i \quad (S0.5) \approx (S1.5)$$

Gewährleisten der zulässigen Pausenlage

$$\sum_{s'=s+\overline{A}_i-1-\overline{AD}^{\max}}^{s+\overline{AD}^{\max}} PE_{is'} + u_{is} \leq 2 \cdot \overline{AD}^{\max} - \overline{A}_i + 2$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{A}_i + 1 \quad (S1.6)$$

Nichtnegativitäts- und Ganzzahligkeitsbedingung

$$PE_{is}, u_{is} \in \{0, 1\} \quad \forall \text{rel. } i, s$$

ERLÄUTERUNGEN ZU MODELL S1

Die Restriktionen zur Abstimmung von Personalbedarf und Personaleinsatz (vgl. (S1.1)) und zur Abstimmung von Personaleinsatz und zeitlicher Verfügbarkeit (vgl. (S1.2)) sind identisch mit den ersten beiden Restriktionen des Modells S0. Die Restriktionen, die den Beginnzeitpunkt erkennen und erzwingen (vgl. (S1.3), (S1.4)), und die Restriktion, die einen Einsatz nach dem Ende der Anwesenheitsdauer verhindert (vgl. (S1.5)), unterscheiden sich von den Restriktionen (S0.3), (S0.4) und (S0.5) nur in der Erfassung der Anwesenheitsdauer (\overline{A}_i) statt der Arbeitszeitdauer (\overline{AZ}_i)³⁸.

³⁸ Bei (S1.3), (S1.4) und (S1.5) ändern sich gegenüber (S0.3), (S0.4) und (S0.5) die temporalen

Erläuterung zur Zielfunktion

Die Zielfunktion erfaßt zusätzlich zu den Arbeitnehmerpräferenzen bzgl. der Arbeitszeitlage auch deren Präferenzen zur Pausenlage; ihre Summe ist zu maximieren. Bei den Präferenzen zur Pausenlage ist zu beachten, daß „Pause“ der Variablenausprägung „kein Einsatz“ ($PE = 0$) entspricht; in der präferierten Periode die Variablenausprägung $PE = 0$ gegenüber der Ausprägung $PE = 1$ den größeren Wert symbolisiert. Wir subtrahieren - im Hinblick auf das Maximierungsziel - die Werte der Pausenpräferenz³⁹. Aus Vereinfachungsgründen erfassen wir dabei alle Personaleinsatzvariablen; unzulässige Pausenpräferenzen können vermieden werden, indem vorzuziehende Lagekorridore die zu bewertenden Pausen begrenzen. Pausenpräferenzen, die von der modellendogen entschiedenen Arbeitszeitlage abhängen, können bei dieser Formulierung nicht erfaßt werden.

Erläuterung zum Gewährleisten der zulässigen Pausenlage

Für jede Arbeitskraft ist sicherzustellen, daß ihr innerhalb eines zulässigen Lagekorridors eine Pause gewährt wird. Der zulässige Lagekorridor wird - gemäß den Ausführungen in Kapitel 3.2.2 - bestimmt durch den Einsatzbeginnzeitpunkt (s), die Anwesenheitsdauer (\bar{A}) und die maximale zusammenhängende Arbeitszeitdauer (\bar{AD}^{\max}). Der abzubildende Zusammenhang (WENN Arbeitskraft i in Periode s mit ihrem \bar{AZ} -periodigen Einsatz beginnt, DANN muß innerhalb des rechtlich zulässigen Lagekorridors eine einperiodige Pause geplant werden), entspricht der Struktur der Abbildungssituation 1 aus Kapitel 4.1.2. Abbildung 16 zeigt diesen am Bsp. einer siebeneinhalbstündigen Arbeitszeitdauer, einer zehnstündigen Betriebszeitdauer und einer maximal sechsstündigen zusammenhängenden Arbeitszeitdauer. Dabei erfaßt die Kopfzeile die Perioden $s = 1, 2, \dots, 20$. Die fünf folgenden Zeilen visualisieren die Arbeitszeiten 16-periodiger Dauer und variabler Lage. u_{is} erfaßt den Einsatzbeginnzeitpunkt und symbolisiert die WENN-Situation (WENN in Periode s mit dem Einsatz begonnen wird). Die DANN-Bedingung bezieht sich auf die Lage der Pause. Die Perioden der geklammerten Punkte begrenzen als Eckdaten die jeweiligen Pausenkorridore (frühest und spätest mögliche Periode, in der die Pause liegen kann). Exemplarisch ist Zeile 2 wie folgt zu

Allquantoren bzw. Summationsobergrenzen sowie der Multiplikator und die rechte Ungleichungsseite von (S1.5). Inhaltlich verhindert (S1.4) zusätzlich, daß das Modell den Einsatzbeginn erst nach dem letzten zulässigen Einsatzbeginnzeitpunkt vorsieht. Aufgrund der Differenz zwischen der Arbeitszeit und der Anwesenheitszeit ist (S1.2) nämlich auch dann erfüllt, wenn der Einsatz direkt nach der letzten zulässigen Periode des Einsatzbeginns - welche sich durch die längere Anwesenheitsdauer bestimmt - beginnen würde. Die Arbeitszeit der Arbeitskraft würde - unzulässiger Weise - nicht von einer Pause unterbrochen. Dies entspräche dem Fall, daß der Einsatz mit einer Pause beginnt.

³⁹ Vgl. zur Möglichkeit, Minimierungsvorschriften durch die Multiplikation mit -1 in Maximierungsvorschriften zu transformieren LAUX (1991), S. 31. Vgl. bzgl. einer ausführlicheren Analyse der formulierten Zielfunktion die Ausführungen in Kap. 5.1.3.

lesen: WENN in Periode $s = 2$ mit dem Einsatz begonnen wurde, DANN muß zwischen den Perioden $s = 5$ und $s = 14$ eine einperiodige Pause liegen⁴⁰.

Abb. 16: Visualisierung des rechtlich zulässigen Lagekorridors der Pause für gegebene Arbeitszeitdauern mit einer Pause ($\overline{AZ} = 15$ ($\overline{A} = 16$), $\overline{AD}^{\max} = 12$, $S = 20$)

s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
u_{i1}	•	•	(•)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	(•)	•	•	•	-	-	-	-
-	u_{i2}	•	•	(•)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	(•)	•	•	•	-	-	-
-	-	u_{i3}	•	•	(•)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	(•)	•	•	•	-	-
-	-	-	u_{i4}	•	•	(•)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	(•)	•	•	•	-
-	-	-	-	u_{i5}	•	•	(•)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	(•)	•	•	•

WENN → DANN (Pausenlage)

- „•“ bedeutet: Anwesenheit (\overline{A}), wenn in s mit dem Einsatz begonnen wurde
 „-“ bedeutet: keine Anwesenheit, wenn in s mit dem Einsatz begonnen wurde
 u_{is} bedeutet: mögliche Einsatzbeginnzeitpunkte, $s = 1, 2, \dots, S - \overline{A}_i + 1$ (zählen mit zur Arbeitszeit)
 „(•)“ bedeutet: früheste ($s' = s + \overline{A} - 1 - \overline{AD}^{\max}$) und späteste Periode ($s'' = s + \overline{AD}^{\max}$) in der eine Pause liegen kann⁴¹. Die grau schattierten Zellen markieren den zulässigen Pausenkorridor.

Den Zusammenhang, daß innerhalb dieses Lagekorridors bei Vorliegen des betrachteten Beginnzeitpunktes eine der erfaßten Personaleinsatzvariablen den die Pause symbolisierenden Wert 0 annehmen muß, gewährleistet Restriktion (S1.6):

$$\sum_{s' = s + \overline{A}_i - 1 - \overline{AD}^{\max}}^{s + \overline{AD}^{\max}} PE_{is'} + u_{is} \leq 2 \cdot \overline{AD}^{\max} - \overline{A}_i + 2$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{A}_i + 1 \quad (\text{S1.6})$$

In der Summation der linken Ungleichungsseite werden alle Personaleinsatzvariablen erfaßt, die für die gegebene Anwesenheitsdauer und den betrachteten Beginnzeitpunkt im Lagekorridor zulässiger Pausen liegen. Dies sind $s + \overline{AD}^{\max} - (s + \overline{A}_i - 1 - \overline{AD}^{\max}) + 1$

⁴⁰ Nicht kommentiert enthält die Abb. auch die beiden DANN-Bedingungen zur Lage der Anwesenheitszeit (vgl. die Erläuterungen zu Abb. 13).

⁴¹ Die Erfassung der frühesten Pausenlage ist aufgrund des eindeutigen Verhältnisses zwischen der Arbeitszeitdauer und der Anwesenheitsdauer ($\overline{A} = \overline{AZ} + 1$) identisch mit ($s' = s + \overline{AZ} - \overline{AD}^{\max}$). Der gleiche Zusammenhang gilt im folgenden für die Schreibweise des Allquantors: $s = 1, 2, \dots, S - \overline{A}_i + 1$ ist identisch mit $s = 1, 2, \dots, S - \overline{AZ}_i$.

= $2 \cdot \overline{AD}^{\max} - \overline{A}_1 + 2$ Variablen. Zu diesen wird die Hilfsvariable addiert, die den Einsatzbeginn in der betrachteten Periode symbolisiert; die Zahl der Variablen steigt auf der linken Ungleichungsseite auf $2 \cdot \overline{AD}^{\max} - \overline{A}_1 + 3$. Die rechte Ungleichungsseite ist auf die Zahl der Variablen der linken Ungleichungsseite abzüglich des Wertes 1 beschränkt ($2 \cdot \overline{AD}^{\max} - \overline{A}_1 + 2$). Dadurch muß dann, wenn der Einsatz in der betrachteten Periode beginnt ($u_{is} = 1$), (mindestens) eine Personaleinsatzvariable den die Pause symbolisierenden Wert 0 annehmen⁴². Diese Mindestbedingung wirkt im Zusammenhang mit (S1.2) und den Lagesrestriktionen (S1.3), (S1.4) und (S1.5) zugleich als Höchstbedingung, denn (S1.2) verlangt, daß die Arbeitskraft für die gesamte von ihr zur Verfügung gestellte Arbeitszeit für einen Einsatz vorgesehen wird, während Restriktion (S1.3) mit (S1.4) und (S1.5) einen Einsatz außerhalb der Anwesenheitsdauer verhindert. Die Differenz zwischen der Anwesenheitsdauer und der Arbeitszeitdauer entspricht der einperiodigen Pausendauer. Die Vorschriften des Allquantors berücksichtigen, daß die zulässige Pausenlage für jede Arbeitskraft ($\forall i = 1, 2, \dots, I$) und für jeden arbeitskraftspezifisch möglichen Einsatzbeginnzeitpunkt ($\forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{A}_i + 1$) zu gewähren ist. Für eine beliebige Arbeitskraft i , eine Arbeitszeitdauer von $\overline{AZ}_i = 15$, eine maximal zulässige zusammenhängende Arbeitszeitdauer von $\overline{AD}^{\max} = 12$ und die Beginnzeitpunkte $s = 1$ und 2 lautet die ausformulierte Restriktion wie folgt:

$$s = 1: \quad PE_{i4} + PE_{i5} + PE_{i6} + PE_{i7} + PE_{i8} + PE_{i9} + PE_{i10} + PE_{i11} + PE_{i12} + PE_{i13} + u_{i1} \leq 10$$

$$s = 2: \quad PE_{i5} + PE_{i6} + PE_{i7} + PE_{i8} + PE_{i9} + PE_{i10} + PE_{i11} + PE_{i12} + PE_{i13} + PE_{i14} + u_{i2} \leq 10$$

PRAXISBEISPIEL

Zur Darstellung der Wirkungsweise des Modells greifen wir auf das Praxisbeispiel des Modells S0 zurück und ergänzen bzw. modifizieren dieses. Wir betrachten weiterhin das Kaufhaus mit einer Betriebszeit von 20 halbstündigen Planungsperioden ($S = 20$), planen aber den Einsatz in einer anderen Abteilung. Dort stehen dem Kaufhaus nur vier Arbeitskräfte zur Verfügung. Von diesen stellen eine Arbeitskraft acht Stunden ($i = 1$; $\overline{AZ}_1 = 16$), zwei sieben ($i = 2, 3$; $\overline{AZ}_2 = \overline{AZ}_3 = 14$) und eine sechseinhalb Stunden ($i = 4$; $\overline{AZ}_4 = 13$) Arbeitszeit bereit; allen Arbeitskräften steht eine halbe Stunde

⁴² Die Formulierung der Restriktion als Ungleichung gewährleistet, daß in den Fällen, in denen die Hilfsvariable u_{is} den Wert 0 annimmt (es liegt kein Einsatzbeginn vor, somit ist keine Pause zu gewähren), alle erfaßten Personaleinsatzvariablen den Wert 0 oder 1 annehmen können. Wäre eine Gleichung formuliert, müßten, wenn kein Einsatzbeginn vorliegt, alle Personaleinsatzvariablen den Wert 1 annehmen, dies würde im Zusammenhang mit den Lagerrestriktionen (S1.3) und (S1.5) zu Widersprüchen führen.

Pause zu. Abhängig von der 20 Perioden umfassenden Betriebszeit kann die eine Arbeitskraft mit der Arbeitszeitdauer von 16 Perioden ($i = 1$) frühestens in $s = 1$, spätestens in $s = 4$ mit ihrem Einsatz beginnen. Arbeitskräfte mit einer Arbeitszeitdauer von 14 Perioden ($i = 2, 3$) können frühestens in $s = 1$, spätestens in $s = 6$ und jene mit einer Arbeitszeitdauer von 13 Perioden ($i = 4$) können zwischen $s = 1$ und $s = 7$ mit ihrem Einsatz beginnen. Die Arbeitskräfte $i = 1$ und 2 präferieren einen möglichst frühen, die Arbeitskräfte $i = 3$ und 4 einen möglichst späten Einsatzbeginn. Zusätzlich möchte Arbeitskraft $i = 1$ und 3 verhältnismäßig spät, $i = 2$ und 4 verhältnismäßig früh in Pause gehen. Abbildung 17 zeigt eine mögliche Zuordnung von Werten zu den Präferenzen der Arbeitskräfte für die Lage ihrer Arbeits- und Pausenzeit⁴³. Die grau schattierten Felder markieren die Perioden, die nicht als Beginnzeitpunkte vorgesehen werden können. Anhang 1 zeigt das ausformulierte Modell, Abbildung 18 die Ausprägungen des schwankenden Personalbedarfs und den Einsatzplan der Lösung. Dort markieren die fett gedruckten Symbole die binäre Hilfsvariable ($u_{i,s}$) der Ausprägung 1, die grau schattierten Felder die präferierten Perioden. Der Zielfunktionswert ist -5.

Abb. 17: Präferenzwerte der Arbeitskräfte für Modell S1

s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
i=1	5	3	1								-1	-1	-1	-1	-1					
i=2		5	3	1			-1	-1	-1	-1	-1									
i=3				1	3	5								-1	-1	-1	-1	-1		
i=4					1	3	5	-1	-1	-1	-1	-1								

Abb. 18: Einsatzplan mit optimierten Beginnzeitpunkten und Pausenlagen für gegebene Arbeitszeitdauern mit einer Pause (Modelllösung S1)

s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PB _s	2	2	2	3	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1
i=1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	-	-	-
i=2	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	-	-
i=3	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x
i=4	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-
AO	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	1	1	1	1	-	-	-	-

„x“/„-“ bedeutet: Einsatz/kein Einsatz im Leistungsprozess

„AO“ bedeutet: Personalüberausstattung

Die Arbeitskräfte arbeiten alle während der (von ihnen) vorgegebenen Arbeitszeitdauer, vor dem Beginn und nach dem Ende der Anwesenheitszeit ist kein Einsatz im

⁴³ Wir gehen davon aus, daß die am stärksten präferierte Arbeitszeitlage nicht von der am zweitstärksten präferierten Arbeitszeitlage und einer präferierten Pausenlage dominiert werden soll. Dabei berücksichtigen wir die rechtliche Zulässigkeit der Pause. Vgl. ergänzend Kap. 5.

Die Arbeitskräfte arbeiten alle während der (von ihnen) vorgegebenen Arbeitszeitdauer, vor dem Beginn und nach dem Ende der Anwesenheitszeit ist kein Einsatz im Leistungsprozess vorgesehen, es werden in keinem Fall mehr als fünfeinhalb zusammenhängende Stunden gearbeitet. Drei der vier Arbeitskräfte wurden von ihnen präferierte Arbeitszeitlagen zugewiesen, alle erhalten eine Pause im Rahmen ihrer Präferenz. Die Personalüberausstattung beträgt in Summe drei Stunden. Sie verteilt sich auf die Perioden $s = 7, 9, 13, 14, 15$ und 16 . In dem Modell sind (implizit) 186 durch ihre Arbeitszeitdauer und -lage sowie ihre Pausendauer und -lage bestimmte Arbeitszeitmuster erfaßt⁴⁴.

4.2.2.3. Gegebene Arbeitszeitdauern mit dem Erfordernis von zwei Pausen

Arbeitszeiten mit einer Dauer von mehr als neun bis maximal zehn⁴⁵ Stunden erfordern nach §4 S.2 ArbZG eine mindestens 45minütige Pause. Bei Annahme halbstündiger Planungsabschnitte erhöht sich die Dauer der Pause auf insgesamt eine Stunde. Sie kann in zwei halbstündige Abschnitte unterteilt werden. Aufgrund der Existenz der Pausen ist die Anwesenheitszeit von der Arbeitszeit zu unterscheiden. Die Arbeitszeit kann eine Dauer von neuneinhalb oder zehn Stunden, die Anwesenheitszeit eine Dauer von zehneinhalb oder elf Stunden umfassen. Die Variabilität der Arbeitszeitlage wird begrenzt durch die Dauer und Lage der Betriebszeit. Die Lage der ersten Pause wird gemäß Kapitel 3.2.2 - vom Einsatzbeginnzeitpunkt und der maximal zulässigen zusammenhängenden Arbeitszeitdauer bestimmt; die Lage der zweiten Pause hängt von der Lage der ersten Pause, der maximal zulässigen zusammenhängenden Arbeitszeitdauer und der Anwesenheitsdauer ab. Die Arbeitszeitwünsche der Arbeitskräfte können sich auf die Lage der Arbeits- und der Pausenzeit beziehen. Die Summe der Präferenzwerte wird in der Zielfunktion maximiert. Im Restriktionsraum wird die Deckung des Personalbedarfs und der Einsatz der Arbeitskräfte während ihrer gesamten Arbeitszeitdauer sichergestellt. Der Einsatzbeginnzeitpunkt wird erkannt und erzwungen, ein Einsatz vor dem Beginn und nach dem Ende der Anwesenheit verhindert. Die erste (halbstündige) Pause wird gewährt und in ihrer Lage erkannt, die zweite Pause rechtlich zulässig positioniert. Für die Modellformulierung führen wir folgende zusätzliche Symbole ein:

⁴⁴ Die Zahl 186 setzt sich wie folgt zusammen. betrachtet wurden Anwesenheitszeiten $8\frac{1}{2}$, $7\frac{1}{2}$ und 7-stündiger Dauer. Solche mit einer Dauer von $8\frac{1}{2}$ Stunden können bei der gegebenen Betriebszeitdauer zu vier unterschiedlichen Perioden beginnen, solche mit $7\frac{1}{2}$ Stunden zu sechs und solche mit 7 Stunden zu sieben Perioden. Zu jedem dieser Beginnzeitpunkte gibt es abhängig von der Arbeitszeitdauer 9, 11 oder 12 unterschiedliche Pausenlagen. Es resultieren $4 \cdot 9 + 6 \cdot 11 + 7 \cdot 12 = 186$ Arbeitszeitmuster, von denen für jede der vier Personen eines ausgewählt wurde

⁴⁵ Vgl. zur Höchstgrenze der taglichen Arbeitszeit §3 S.2 ArbZG.

Variable

P_{iss} := $\begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ in Periode } s \text{ ihre erste Pause hat und in} \\ & \text{Periode } s' \text{ ihren Einsatz begonnen hat} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$

Indexmenge

S_i := Menge der Perioden s (Einsatzbeginnzeitpunkte), in denen die individuell-
le Arbeitskraft i ihren Einsatz beginnen kann

MODELLFORMULIERUNG

Zielfunktion

$$\sum_{i=1}^I \left(\sum_{s=1}^{S-\bar{A}_i+1} \Omega L_i^s \cdot u_{is} - \sum_{s=1}^S \Omega P_i^s \cdot PE_{is} \right) ! = \max \quad (S1.Z)=(S2.Z)$$

Deckung des Personalbedarfs

$$\overline{PB}_s \leq \sum_{i=1}^I PE_{is} \quad \forall s = 1, 2, \dots, S \quad (S0.1)=(S2.1)$$

Sicherstellen der gegebenen Arbeitszeitdauer

$$\sum_{s=1}^S PE_{is} = \overline{AZ}_i \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (S0.2)=(S2.2)$$

Erkennen der Beginnzeitpunkte

$$PE_{is} - \sum_{s'=1}^{s-1} PE_{is'} \leq u_{is} \quad \forall i = 1, 2, \dots, I$$

$$\forall s = 1, 2, \dots, S - \bar{A}_i + 1 \quad (S1.3)=(S2.3)$$

Erzwingen eines Beginnzeitpunktes

$$\sum_{s=1}^{S-\bar{A}_i+1} u_{is} = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (S1.4)=(S2.4)$$

Kein Einsatz nach dem Ende der Anwesenheitsdauer

$$(S - (s + \bar{A}_i) + 1) \cdot u_{is} + \sum_{s'=s+\bar{A}_i}^S PE_{is'} \leq S - (s + \bar{A}_i) + 1$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I$$

$$\forall s = 1, 2, \dots, S - \bar{A}_i \quad (S1.5)=(S2.5)$$

Gewährleisten der zulässigen Lage der 1. Pause

$$\begin{aligned}
 s + \overline{AD}^{\max} \sum_{s'=s+1} PE_{is'} + u_{is} &\leq \overline{AD}^{\max} & \forall i = 1, 2, \dots, I \\
 & & \forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{A}_i + 1
 \end{aligned} \quad (S1.6) \approx (S2.6)$$

Erkennen der Lage der 1. Pause

$$\begin{aligned}
 PE_{is} - \sum_{s*=s'+1}^{s-1} PE_{is*} - 2 \cdot u_{is'} - \sum_{s* \in \underline{S}_i \setminus \{s'\}} u_{is*} + (s - s' + 1) \cdot p_{iss'} &\leq 0 \\
 & \forall i = 1, 2, \dots, I \\
 & \forall s' = 1, 2, \dots, S - \overline{A}_i + 1 \\
 & \forall s = s' + 1, s' + 2, \dots, s' + \overline{AD}^{\max}
 \end{aligned} \quad (S2.7)$$

Erzwingen des Erkennens der Lage der 1. Pause

$$\begin{aligned}
 S - \overline{A}_i + 1 \sum_{s'=1}^{s'+\overline{AD}^{\max}} p_{iss'} &= 1 & \forall i = 1, 2, \dots, I
 \end{aligned} \quad (S2.8)$$

Gewährleisten der zulässigen Lage der 2. Pause

$$\begin{aligned}
 \min \left\{ s + \overline{AD}^{\max} + 1; s' + \overline{A}_i - 2 \right\} \\
 s* = \max \left\{ s + 1; s' + \overline{A}_i - 1 - \overline{AD}^{\max} \right\} + p_{iss'} &\leq \min \left\{ s + \overline{AD}^{\max} + 1; s' + \overline{A}_i - 2 \right\} \\
 & - \max \left\{ s + 1; s' + \overline{A}_i - 1 - \overline{AD}^{\max} \right\} + 1 \\
 & \forall i = 1, 2, \dots, I \\
 & \forall s' = 1, 2, \dots, S - \overline{A}_i + 1 \\
 & \forall s = s' + 1, s' + 2, \dots, s' + \overline{AD}^{\max}
 \end{aligned} \quad (S2.9)$$

Nichtnegativitäts- und Ganzzahligkeitsbedingung

$$PE_{is}, u_{is}, p_{iss'} \in \{0, 1\} \quad \forall \text{ rel. } i, s, s'$$

ERLÄUTERUNGEN ZU MODELL S2

In Modell S2 werden die Restriktionen zur Abstimmung von Personalbedarf und Personaleinsatz (vgl. (S2.1)) und zur Abstimmung von Personaleinsatz und zeitlicher Verfügbarkeit (vgl. (S2.2)) unverändert aus Modell S0 übernommen. Die Zielfunktion (S2.Z) und die Restriktionen, die den Einsatzbeginnzeitpunkt der Arbeitskräfte erkennen und erzwingen sowie einen Einsatz nach dem Ende der Anwesenheitsdauer verhindern (vgl. (S2.3), (S2.4) und (S2.5)), unterscheiden sich nicht von den entsprechenden Restriktionen des Modells S1. Die teils modifizierten, teils gänzlich neuen Restrik-

tionen (S2.6) bis (S2.9) beziehen sich auf die Begrenzung der Chronologie der Pausen. Zu deren Erläuterung gehen wir zunächst auf die Restriktionen zur Begrenzung der beiden Pausenlagen [(S2.6), (S2.9)], anschließend auf die Restriktionen zum Erkennen und Erzwingen der Lage der ersten Pause [(S2.7), (S2.8)] ein.

Erläuterung zum Gewährleisten der zulässigen Lage der 1. Pause

Restriktion (S2.6) ähnelt Restriktion (S1.6). Lediglich die Summationsgrenzen und die Schranke der rechten Ungleichungsseite haben sich - aufgrund der Existenz der zweiten Pause - vereinfacht. Die Restriktion erfährt, daß wenn in Periode s mit dem Einsatz begonnen wird ($u_{is} = 1$), (mindestens) eine Personaleinsatzvariable innerhalb der Perioden $s' = s + 1$ bis $s + \overline{AD}^{\max}$ den die Pause symbolisierenden Wert 0 annehmen wird⁴⁶. Aufgrund des Zusammenspiels mit (S2.2) - die Arbeitskraft muß für die gesamte von ihr zur Verfügung gestellte Arbeitszeit für einen Einsatz vorgesehen werden - und den Lagerrestriktionen (S2.3), (S2.4) und (S2.5) - diese verhindern einen Einsatz außerhalb der Anwesenheitszeit - können dann, wenn Restriktion (S2.6) beschränkend wirkt, maximal zwei Variablen den Wert 0 annehmen. Diese zwei Variablen symbolisieren die Pausenzeit. Sie ergeben sich aus der einstündigen Differenz zwischen der Dauer der Arbeitszeit und der Anwesenheitszeit⁴⁷. Exemplarisch lautet die ausformulierte Restriktion für eine beliebige Arbeitskraft i , eine maximale zusammenhängende Arbeitszeitdauer von $\overline{AD}^{\max} = 12$ und die Beginnzeitpunkte $s = 1$ und 2 wie folgt:

$$s = 1: \quad PE_{i2} + PE_{i3} + PE_{i4} + PE_{i5} + PE_{i6} + PE_{i7} + PE_{i8} + PE_{i9} + PE_{i10} + PE_{i11} + \\ PE_{i12} + PE_{i13} + u_{i1} \leq 12$$

$$s = 2: \quad + PE_{i3} + PE_{i4} + PE_{i5} + PE_{i6} + PE_{i7} + PE_{i8} + PE_{i9} + PE_{i10} + PE_{i11} + PE_{i12} + \\ PE_{i13} + PE_{i14} + u_{i2} \leq 12$$

Erläuterung zur Gewährleistung der zulässigen Lage der 2. Pause

Auch Restriktion (S2.9) entspricht der Struktur von (S1.6); lediglich die anhand der Maximum- bzw. Minimumbedingung erfaßten Lagegrenzen verkomplizieren die Restriktion. Die Determinanten der Pausenlage entstammen den Ausführungen in Kapitel 3.2.2; sie münden in folgende abzubildende Implikation: WENN in Periode s^*_1 die erste Pause vorgesehen wurde, DANN muß frühestens in $s^*_2 = s^*_1 + 1$ (die zweite Pause muß der ersten folgen) oder in $s^*_2 = s' + \overline{A}_i - \overline{AD}^{\max} - 1$ (nach der zweiten Pause darf

⁴⁶ Die Pause muß die Arbeitszeit unterbrechen, d.h. sie kann frühestens in der dem Einsatzbeginn folgenden Periode gewährt werden ($s' = s + 1$). Sie muß spätestens nach \overline{AD}^{\max} -Perioden liegen ($s + \overline{AD}^{\max}$). Vgl. Kap. 3.2.2.

⁴⁷ Vgl. bzgl. ausführlicheren Erläuterungen zur Wirkungsweise dieses Restriktionentyps die Erläuterungen zu (S1.6) in Kap. 4.2.2.2. Dort betrug die Differenz zwischen der Dauer der Arbeits- und der Anwesenheitszeit eine halbe Stunde, die Mindest- wirkte als Höchstbedingung.

nicht mehr als die maximale zusammenhängende Arbeitszeitdauer vorgesehen werden) und spätestens in $s^*_2 = s^*_1 + \overline{AD}^{\max} + 1$ (es darf nicht mehr als die maximale zusammenhängende Arbeitszeitdauer gearbeitet werden) oder in $s^*_2 = s^c + \overline{A}_i - 2$ (die Arbeitszeit ist von der Pause zu unterbrechen) die zweite Pause geplant werden. Diesen Zusammenhang zeigt Abbildung 19 für eine neuneinhalbstündige Arbeitszeitdauer ($\overline{AZ} = 19$ ($\overline{A} = 21$)), die zu Beginn ($s^c = 1$) einer elf Stunden umfassenden Betriebszeitdauer ($S = 22$) beginnt. Die maximale zusammenhängende Arbeitszeitdauer beträgt sechs Stunden ($\overline{AD}^{\max} = 12$). Als mögliche Lagen der ersten Pause werden exemplarisch die Perioden $s^*_1 = 2, 3, 7, 8, 9$ und 13 betrachtet.

Abb. 19: Visualisierung des rechtlich zulässigen Lagekorridors der zweiten Pause für gegebene Arbeitszeitdauern ($\overline{AZ} = 19$ ($\overline{A} = 21$), $S = 22$, $\overline{AD}^{\max} = 12$, $s^c = 1$, $s^*_1 = 2, 3, 7, 8, 9, 13$)

s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
•••••	•	s^*_1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-
•••••	•	•	s^*_1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-
•••••	•	•	•	•	•	•	•	s^*_1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
•••••	•	•	•	•	•	•	•	•	s^*_1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
•••••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	s^*_1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
•••••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	s^*_1	•	•	•	•	•	•	•	•	•

WENN in $s^c = 1$ mit dem Einsatz begonnen wurde und in s^*_1 die erste Pause liegt → DANN (Lage der 2. Pause)

- bedeutet: Anwesenheit (\overline{A}), wenn in $s^c = 1$ mit dem Einsatz begonnen wird
- bedeutet: keine Anwesenheit, wenn in $s^c = 1$ mit dem Einsatz begonnen wird
- s^*_1 bedeutet: ausgewählte Zeitpunkte der Lage der ersten Pause (zählen mit zur Anwesenheitszeit)
- bedeutet: Lagekorridor der zweiten Pause

In der Kopfzeile sind die Perioden der Betriebszeit erfasst. Die folgenden sechs (belegten) Zeilen⁴⁸ zeigen die Lage der Anwesenheitszeit, wenn eine neuneinhalbstündige Arbeitszeitdauer in $s^c = 1$ begonnen wurde, ausgewählte Perioden der Lage der ersten Pause (s^*_1) und die rechtlich zulässigen Lagekorridore der zweiten Pause (graue Schraffur). Exemplarisch ist Zeile 2 wie folgt zu lesen: WENN in Periode $s^c = 1$ eine neuneinhalbstündige Arbeitszeitdauer beginnt und die erste Pause in Periode $s^*_1 = 3$

⁴⁸ Die dazwischenliegenden „unbelegten Zeilen“ sollen daran erinnern, daß nicht alle möglichen Pausenlagen (z.B. $s^*_1 = 4, 5, 6$) explizit aufgeführt sind.

liegt, DANN muß zwischen $s = 9$ ⁴⁹ und $s = 16$ ⁵⁰ die zweite Pause gewährt werden. In den Fällen, in denen die zweite Pause in der der ersten Pause folgenden Periode eingeplant werden kann⁵¹, besteht die Möglichkeit, eine einstündige Pause zu gewähren; in allen anderen Fällen werden zwei separate halbstündige Pausen gewährt. Restriktion (S2.9) bildet diesen bisher lediglich verbal und grafisch dargestellten Zusammenhang formal ab. Einzig das Symbol s^*_i wurde in das Symbol s transformiert:

$$\begin{aligned}
 & \min \{s + \overline{AD}^{\max} + 1; s' + \overline{A}_i - 2\} \\
 s^* = & \max \left\{ s + 1; s' + \overline{A}_i - \overline{AD}^{\max} - 1 \right\} + p_{iss'} \leq \min \{s + \overline{AD}^{\max} + 1; s' + \overline{A}_i - 2\} \\
 & - \max \{s + 1; s' + \overline{A}_i - \overline{AD}^{\max} - 1\} + 1 \\
 & \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall s' = 1, 2, \dots, S - \overline{A}_i + 1 \\
 & \forall s = s' + 1, s' + 2, \dots, s' + \overline{AD}^{\max} \quad (S2.9)
 \end{aligned}$$

In der Summation der linken Ungleichungsseite werden alle arbeitskraftspezifischen Personaleinsatzvariablen erfaßt, die für die gegebene Anwesenheitsdauer (\overline{A}_i), den betrachteten Beginnzeitpunkt (s') und die betrachtete Lage der ersten Pause (s) im Lagekorridor der zu gewährenden zweiten Pause liegen. Dies sind $(\min\{s + \overline{AD}^{\max} + 1, s' + \overline{A}_i - 2\} - \max\{s + 1, s' + \overline{A}_i - \overline{AD}^{\max} - 1\} + 1)$ - Variablen⁵². Zu diesen wird die binäre Hilfsvariable addiert, die für die betrachtete Arbeitskraft (i) die Lage der ersten Pause (s) bei Vorliegen des betrachteten Einsatzbeginnzeitpunktes (s') symbolisiert ($p_{iss'}$). Die Zahl der Variablen erhöht sich um den Wert 1. Die rechte Ungleichungsseite ist auf die Zahl der Variablen der linken Ungleichungsseite abzüglich des Wertes 1 beschränkt. Dadurch muß dann, wenn der Einsatz in der betrachteten Periode (s') beginnt und die erste Pause in der betrachteten Periode (s) liegt ($p_{iss'} = 1$), (mindestens) eine Personaleinsatzvariable innerhalb des erfaßten Lagekorridors den die Pause symbolisierenden Wert 0 annehmen. Aufgrund des Zusammenspiels mit den weiteren, die Arbeits- und Pausenzeit betreffenden Lagerrestriktionen des Modells wirkt diese Mindestzugleich als Höchstbedingung⁵³. Die Restriktion ist für alle Arbeitskräfte (i), für alle arbeitskraftspezifischen Beginnzeitpunkte (s') und für alle Lagemöglichkeiten der er-

⁴⁹ $s = \max \{s^*_i + 1, s' + \overline{A}_i - \overline{AD}^{\max} - 1\} = \max \{3 + 1, 1 + 21 - 12 - 1\} = \max \{4, 9\}$.

⁵⁰ $s = \min \{s^*_i + \overline{AD}^{\max} + 1, s' + \overline{A}_i - 2\} = \min \{3 + 12 + 1, 1 + 21 - 2\} = \min \{16, 20\}$.

⁵¹ Der erste Term der Maximum-Bedingung ist von Relevanz, vgl. z.B. Zeile 4 der Abb. 19.

⁵² Die Zahl der in einer Summation erfaßten Variablen wird allgemein durch die Subtraktion des Wertes der Summationsuntergrenze vom Wert der Summationsobergrenze zuzuglich des Wertes 1 bestimmt. Aufgrund der „doppelten“, somit a-priori unbestimmten Begrenzung der frühest und spätest möglichen Lage der zweiten Pause mußten in den Summationsgrenzen die Maximum/Minimum-Operatoren eingeführt werden.

⁵³ Vgl. ähnlich die Zusammenhänge bei Restriktion (S1.6) in Kap. 4.2.2.2.

sten Pause (s) zu formulieren. Für eine beliebige Arbeitskraft i, eine Anwesenheitsdauer von $\bar{A}_i = 21$, eine maximal zulässige zusammenhängende Arbeitszeitdauer von $\overline{AD}^{\max} = 12$, den Einsatzbeginnzeitpunkt $s' = 1$ und die Lage der ersten Pause in den Perioden $s = 3$ bzw. $s = 9$ lautet die ausformulierte Restriktion wie folgt:

$$\begin{aligned} s = 3: & \quad PE_{i9} + PE_{i10} + PE_{i11} + PE_{i12} + PE_{i13} + PE_{i14} + PE_{i15} + PE_{i16} + p_{i31} \leq 8 \\ s = 9: & \quad PE_{i10} + PE_{i11} + PE_{i12} + PE_{i13} + PE_{i14} + PE_{i15} + PE_{i16} + PE_{i17} + PE_{i18} + \\ & \quad PE_{i19} + PE_{i20} + p_{i91} \leq 11 \end{aligned}$$

Erläuterung zum Erkennen und Erzwingen der Lage der 1. Pause

Zum Gewährleisten einer zulässigen Lage der zweiten Pause muß die Lage der ersten Pause erkannt und erzwungen werden. Wir führten dazu die binäre Hilfsvariable $p_{iss'}$ ein, welche dann den Wert 1 annehmen muß, wenn Arbeitskraft i in Periode s' ihre Anwesenheit beginnt ($u_{is'} = 1$) und in Periode s ihre erste Pause erhält ($PE_{is} = 0$). In allen anderen Fällen (anderer Beginnzeitpunkt, andere Pausenlage) muß sie den Wert 0 annehmen. Den abzubildenden Zusammenhang - er ähnelt dem des Erkennens und Erzwingens des Einsatzbeginnzeitpunktes⁵⁴ - umschreiben wir wie folgt: Zu erkennen ist die Personaleinsatzvariable (PE_{is}), die nach dem erkannten Einsatzbeginnzeitpunkt ($u_{is'}$) erstmals den Wert 0 annimmt. Restriktion (S2.7) sichert dies formal:

$$\begin{aligned} PE_{is} - \sum_{s^* = s'+1}^{s-1} PE_{is^*} - 2 \cdot u_{is'} - \sum_{s^* \in \underline{S}_i \setminus \{s'\}} u_{is^*} + (s - s' + 1) \cdot p_{iss'} \leq 0 \\ \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall s' = 1, 2, \dots, S - \bar{A}_i + 1 \\ \forall s = s' + 1, s' + 2, \dots, s' + \overline{AD}^{\max} \end{aligned} \quad (S2.7)$$

Auf der linken Ungleichungsseite erfassen wir die Personaleinsatzvariable, die für die betrachtete Arbeitskraft (i) und Periode (s) die Lage der zu erkennenden ersten Pause ($PE_{is} = 0$) symbolisieren kann. Von dieser subtrahieren wir alle Personaleinsatzvariablen, die nach dem betrachteten Einsatzbeginnzeitpunkt (s') aber vor der betrachteten Periode (s) liegen (Summation über $s^* = s'+1, \dots, s-1$). Den Einsatzbeginnzeitpunkt erfassen wir durch die Variable $u_{is'}$; durch die Multiplikation mit dem Wert 2 hebt sie sich eindeutig von den weiteren, in der zweiten Summation erfaßten Beginnzeitpunkten ab. Die Erfassung aller weiteren arbeitskraftspezifisch möglichen Einsatzbeginnzeitpunkte (u_{is^*}) ist notwendig, um Widersprüche zu vermeiden⁵⁵. Wir addieren die

⁵⁴ Vgl. Restriktion (S0.3). Lediglich aufgrund der Abhängigkeit der Lage der ersten Pause vom ebenfalls erst im Modell entschiedenen Beginnzeitpunkt der Anwesenheit ist er komplexer.

⁵⁵ Diese könnten sonst aufgrund der von den Einsatzbeginnzeitpunkten abhängigen, sich überschneidenden Pausenkorridore entstehen.

die Lage der ersten Pause erkennende Binärvariable ($p_{iss'}$) und multiplizieren diese mit der Zahl der subtrahierten Personaleinsatzvariablen zuzüglich des Wertes zwei ($s - s' + 1$)⁵⁶. Die rechte Ungleichungsseite beschränken wir auf den Wert 0. $p_{iss'}$ kann nur genau dann den Wert 1 annehmen, wenn der Einsatzbeginn in der betrachteten Periode s' ($u_{is'} = 1$) und die Pause in der betrachteten Periode s vorgesehen wird ($PE_{is} = 0$); denn dann nehmen alle subtrahierten Personaleinsatzvariablen den Wert 1 und die in der Summation erfaßten Hilfsvariablen zum Erkennen des Einsatzbeginns - aufgrund von (S2.4) - den Wert 0 an. Bei allen anderen Datenkonstellationen (kein Einsatzbeginn in der betrachteten Periode s' , keine Pause in der betrachteten Periode s , eine Pause bereits vor der betrachteten Periode s) muß $p_{iss'}$ den Wert 0 annehmen. Damit $p_{iss'}$ dann, wenn sie den Wert 1 annehmen kann, diesen auch annimmt, formulieren wir Restriktion (S2.8). Diese stellt sicher, daß genau eine die Lage der ersten Pause erkennende Binärvariable den Wert 1 annehmen muß⁵⁷. Exemplarisch sei die Wirkungsweise von Restriktion (S2.7) für den Fall einer beliebigen Arbeitskraft i , die in $s' = 1$ oder $s' = 2$ mit ihrem Einsatz beginnen kann und deren erste Pause in der Periode $s = 4$ liegen soll anhand folgender für die Perioden $s = (2), 3, 4$, und 5 ausformulierten Restriktionen demonstriert:

$$s' = 1 \quad s = 2: \quad PE_{i2} \quad - 2 \cdot u_{i1} - u_{i2} + 2 \cdot p_{i21} \leq 0 \quad (S2.7a)$$

$$s = 3: \quad PE_{i3} - PE_{i2} \quad - 2 \cdot u_{i1} - u_{i2} + 3 \cdot p_{i31} \leq 0 \quad (S2.7b)$$

$$s = 4: \quad PE_{i4} - PE_{i2} - PE_{i3} \quad - 2 \cdot u_{i1} - u_{i2} + 4 \cdot p_{i41} \leq 0 \quad (S2.7c)$$

$$s = 5: \quad PE_{i5} - PE_{i2} - PE_{i3} - PE_{i4} - 2 \cdot u_{i1} - u_{i2} + 5 \cdot p_{i51} \leq 0 \quad (S2.7d)$$

$$s' = 2 \quad s = 3: \quad PE_{i3} \quad - 2 \cdot u_{i2} - u_{i1} + 2 \cdot p_{i32} \leq 0 \quad (S2.7e)$$

$$s = 4: \quad PE_{i4} - PE_{i3} \quad - 2 \cdot u_{i2} - u_{i1} + 3 \cdot p_{i42} \leq 0 \quad (S2.7f)$$

$$s = 5: \quad PE_{i5} - PE_{i3} - PE_{i4} \quad - 2 \cdot u_{i2} - u_{i1} + 4 \cdot p_{i52} \leq 0 \quad (S2.7g)$$

Die Variablenwerte lauten für den Fall $u_{i1} = 1$ und $PE_{i4} = 0$ wie folgt:

$$s' = 1 \quad s = 2: \quad 1 \quad - 2 \cdot 1 - 0 + 2 \cdot 0 \leq 0 \quad (S2.7a)$$

$$s = 3: \quad 1 - 1 \quad - 2 \cdot 1 - 0 + 3 \cdot 0 \leq 0 \quad (S2.7b)$$

$$s = 4: \quad 0 - 1 - 1 \quad - 2 \cdot 1 - 0 + 4 \cdot 0/1 \leq 0 \quad (S2.7c)$$

$$s = 5: \quad 1 - 1 - 1 - 0 \quad - 2 \cdot 1 - 0 + 5 \cdot 0 \leq 0 \quad (S2.7d)$$

⁵⁶ Die Zahl der subtrahierten Personaleinsatzvariablen beträgt $s - 1 - (s' + 1) + 1 = s - s' - 1 - 1 + 1 = s - s' - 1$. Wir addieren mit dem Wert 2 den Multiplikator der Variablen des betrachteten Beginnzeitpunktes und erhalten den Wert $s - s' + 1$.

⁵⁷ Die Summationsgrenzen von (S2.8) werden bestimmt durch die potentiellen Beginnzeitpunkte einer Arbeitskraft ($s' = 1, 2, \dots, S - \bar{A}_i + 1$) sowie die vom Einsatzbeginnzeitpunkt und von der maximal zulässigen zusammenhängenden Arbeitszeitdauer abhängigen Lage der ersten Pause ($s = s' + 1, s' + 2, \dots, s' + \bar{AD}^{\max}$).

$$s' = 2 \quad s = 3: \quad 1 \quad -2 \cdot 0 - 1 + 2 \cdot 0 \leq 0 \quad (\text{S2.7e})$$

$$s = 4: \quad 0 - 1 \quad -2 \cdot 0 - 1 + 3 \cdot 0 \leq 0 \quad (\text{S2.7f})$$

$$s = 5: \quad 1 - 1 - 0 \quad -2 \cdot 0 - 1 + 4 \cdot 0 \leq 0 \quad (\text{S2.7g})$$

Die unbestimmte Variablenausprägung 0/1 in Restriktion (S2.7c) ist die zu erkennende Situation. Sie wird aufgrund von Restriktion (S2.8) auf den Wert 1 gezwungen - die Lage der ersten Pause ist eindeutig erkannt.

PRAXISBEISPIEL

Zur Darstellung der Wirkungsweise des Modells greifen wir auf die Daten des Beispiels von Modell S1 zurück und modifizieren diese wie folgt. Das betrachtete Kaufhaus habe eine Betriebszeit von zwölf Stunden ($S = 24$). Ihm stehen weiterhin vier Arbeitskräfte zur Verfügung. Von diesen stellen zwei Arbeitskräfte neuneinhalb Stunden ($i = 1, 2$; $\overline{AZ}_1 = \overline{AZ}_2 = 19$) und zwei Arbeitskräfte zehn Stunden ($i = 3, 4$; $\overline{AZ}_3 = \overline{AZ}_4 = 20$) Arbeitszeit zur Verfügung. Allen Arbeitskräften steht eine Stunde Pause zu, welche in Form von zwei halbstündigen oder als einstündige Pause gewährt werden kann. Abhängig von der 24 Perioden umfassenden Betriebszeit können Arbeitskräfte mit einer Arbeitszeitdauer von 19 Perioden ($i = 1, 2$) frühestens in $s = 1$, spätestens in $s = 4$, Arbeitskräfte mit einer Arbeitszeitdauer von 20 Perioden ($i = 3, 4$) frühestens in $s = 1$, spätestens in $s = 3$ mit ihrem Einsatz beginnen. Die Arbeitskräfte $i = 1$ und 3 präferieren einen möglichst frühen, die Arbeitskräfte $i = 2$ und 4 einen möglichst späten Einsatzbeginn. Zusätzlich möchten die Arbeitskräfte $i = 1$ und 2 ihre beiden Pausen verhältnismäßig spät, $i = 3$ und 4 ihre beiden Pausen verhältnismäßig früh wahrnehmen. Abbildung 20 zeigt eine mögliche Zuordnung von Werten⁵⁸ zu den Präferenzen der Arbeitskräfte für die Lage ihrer Arbeits- und Pausenzeit. Die grau schattierten Felder markieren die Perioden, die nicht als Einsatzbeginnzeitpunkte vorgesehen werden können. Abbildung 21 zeigt die Ausprägungen des schwankenden Personalbedarfs sowie den Einsatzplan der Lösung. Dort markieren die fett gedruckten Symbole die binären Hilfsvariablen (u_{is} bzw. p_{iss}) der Ausprägung 1, die grau schattierten Felder die präferierten Perioden. Der Zielfunktionswert ist 14.

Abb. 20: Präferenzwerte der Arbeitskräfte für Modell S2

s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
i=1	7	4	1										-1	-1	-1	-1	-1								
i=2		1	4	7													-1	-1	-1	-1	-1				
i=3	7	4	1								-1	-1	-1	-1	-1										
i=4	1	4	7					-1	-1	-1	-1	-1													

⁵⁸ Vgl. zu deren Gestaltung die Erläuterungen zum Praxisbsp. von Modell S1 sowie Kap. 5.1.

Abb. 21: Einsatzplan mit optimierten Beginnzeitpunkten und Pausenlagen für gegebene Arbeitszeitdauern mit zwei Pausen (Modelllösung S2)

s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
FB _i	2	2	2	3	3	4	4	4	3	3	3	4	4	3	2	2	2	2	3	3	2	2	1	1
i=1	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	-	-	-
i=2	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	x	x	x	x	x	x	x
i=3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	-	-
i=4	-	-	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
AO	-	-	-	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1	2	1	1	2	1	1	1

„x“/„-“ bedeutet: Einsatz/kein Einsatz im Leistungsprozeß

„AO“ bedeutet: Personalüberausstattung

Die Arbeitskräfte arbeiten alle während der (von ihnen) vorgegebenen Arbeitszeitdauer, vor dem Beginn und nach dem Ende der Anwesenheitszeit ist kein Einsatz im Leistungsprozeß vorgesehen. Es werden in keinem Fall mehr als sechs zusammenhängende Stunden gearbeitet. Alle Arbeitskräfte beginnen in der von ihnen am stärksten präferierten Periode, sechs der acht gewährten Pausen liegen in präferierten Perioden⁵⁹. Arbeitskraft $i = 2$ erhält eine einstündige Pause. Die Personalüberausstattung beträgt in Summe sieben Stunden. Sie verteilt sich auf die Perioden $s = 4, 5, 9, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23$ und 24 . In dem Modell sind 795 durch ihre Arbeitszeitdauer und -lage sowie ihre Pausendauer und -lage bestimmte Arbeitszeitmuster erfaßt⁶⁰.

4.2.3. Arbeitszeitformen mit offener Arbeitszeitdauer und variabler Lage

4.2.3.1. Offene Arbeitszeitdauern ohne Pausenerfordernis

Mit „offenen Arbeitszeitdauern“ hatten wir Planungssituationen beschrieben, in denen erst im Lösungsprozeß der Modelle über die Dauer (sowie die Lage) der individuellen Arbeitszeiten entschieden wird. Die Arbeitskräfte geben nur Mindest- und Höchst-arbeitszeiten vor, während derer sie zu arbeiten bereit sind; wir greifen auf den bereits

⁵⁹ Arbeitskraft $i = 1$ und 4 erhalten nicht präferierte Pausenlagen. Sie können in den von ihnen präferierten Periode $s = 15$ bzw. 9 trotz vorliegender Personalüberausstattung keine Pause erhalten, da sie dann vor (nach) der ersten (zweiten) Pause gesetzeswidrig sieben zusammenhängende Stunden arbeiten müßten.

⁶⁰ Die Zahl 795 ergibt sich wie folgt: betrachtet wurden Arbeitszeiten $9\frac{1}{2}$ und 10-stündiger Dauer. Solche mit einer Dauer von $9\frac{1}{2}$ Stunden können bei der gegebenen Betriebszeitdauer zu vier, solche mit 10 Stunden zu drei unterschiedlichen Perioden beginnen. Zu jedem dieser Beginnzeitpunkte können abhängig von der Arbeitszeitdauer und der Lage der ersten Pause $7+8+9+10+11+12+12+11+10+9+8+7$ bzw. $6+7+8+9+10+11+12+12+11+10+9+8$ Lagen der zweiten Pause vorgesehen werden. Es resultieren $4 \cdot 114 + 3 \cdot 113 = 456 + 339 = 795$ durch ihre Arbeitszeitdauer und -lage sowie ihre Pausendauer und -lage unterschiedlich determinierte Arbeitszeitmuster.

eingeführten Begriff der Arbeitszeitkategorie zurück⁶¹. Diese ist im folgenden stets durch die Dauer der Arbeits- (und Pausen-)zeit bestimmt, nicht aber in der Lage derselben. Wie in Kapitel 4.2.2.1 betrachten wir zunächst Arbeitszeiten, welche nach arbeitszeitrechtlichen Regelungen keine Pause erfordern. Die Dauer der Anwesenheitszeit ist mit der Dauer der Arbeitszeit identisch, sie darf sechs Stunden nicht über- und drei Stunden nicht unterschreiten. Der abzubildende Sachverhalt entspricht im Restriktionenraum der Struktur des Modells S_0 . Er wird ergänzt um die Bestimmung der Arbeitszeit der Arbeitskräfte. In der Zielfunktion erfassen wir die Arbeitszeitwünsche der Arbeitskräfte bzgl. ihrer Arbeitszeitlage, die Präferenzen bzgl. der Arbeitszeitdauer werden durch das Unternehmen bestimmt⁶². Wir definieren folgende Symbole.

Datum

\overline{AZ}_i^{\min} := Mindestarbeitszeitdauer der Arbeitskraft i , gemessen in Perioden (halbstündige Abschnitte)

Variable

a_{ik} := $\begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ mit Arbeitszeitkategorie } k \text{ bereitgestellt wird} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$

Koeffizient

ΩA^k := Präferenzwert (des Unternehmens) für Arbeitszeitkategorie k

Indexmengen

I_k := Menge der Arbeitskräfte i , die mit der Arbeitszeitkategorie k bereitgestellt werden können

K_i := Menge der Arbeitszeitkategorien k , nach denen Arbeitskraft i bereitgestellt werden kann

S_k := Menge der Perioden s (Einsatzbeginnzeitpunkte), in denen ein Einsatz nach Arbeitszeitkategorie k beginnen kann

⁶¹ Vgl. zu dessen Definition die Ausführungen in Kap. 1.2.2.

⁶² Vgl. bzgl. der durch die unterschiedlichen Zielartikulantanten resultierenden Zielkonflikte Kap. 5.1.2. Die gewählte Vorgehensweise schränkt die durch die Arbeitskräfte (mit)bestimmten Arbeitszeitdimensionen ein; sie umgeht die Problematik der expliziten Steuerung der Höhe der möglicherweise resultierenden Personalüberausstattungen (wenn die Arbeitskräfte z.B. unverhältnismäßig lange Arbeitszeiten präferieren). Vgl. bzgl. einer Modellformulierung mit auch die Arbeitszeitdauer betreffenden Arbeitnehmerpräferenzen WEBER (1997), S. 38 - 40.

MODELLFORMULIERUNG

Zielfunktion

$$\sum_{i=1}^I \left(\sum_{s=1}^{S-\overline{AZ}_i^{\min}+1} \Omega L_i^s \cdot u_{is} + \sum_{k \in \underline{K}_i} \Omega A^k \cdot a_{ik} \right) = \max \quad (S0a.Z)$$

Deckung des Personalbedarfs

$$\overline{PB}_s \leq \sum_{i=1}^I PE_{is} \quad \forall s = 1, 2, \dots, S \quad (S0.1)=(S0a.1)$$

Einsatz während der Dauer der zu wählenden Arbeitszeitkategorie

$$\sum_{s=1}^S PE_{is} = \sum_{k \in \underline{K}_i} \overline{AZ}_k \cdot a_{ik} \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (S0.2) \approx (S0a.2)$$

Erzwingen einer Arbeitszeitkategorie

$$\sum_{k \in \underline{K}_i} a_{ik} = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (S0a.3)$$

Erkennen der Beginnzeitpunkte

$$PE_{is} - \sum_{s'=1}^{s-1} PE_{is'} \leq u_{is} \quad \forall i = 1, 2, \dots, I$$

$$\forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{AZ}_i^{\min} + 1 \quad (S0.3) \approx (S0a.4)$$

Erzwingen eines Beginnzeitpunktes

$$\sum_{s=1}^{S-\overline{AZ}_i^{\min}+1} u_{is} = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (S0.4) \approx (S0a.5)$$

Kein Einsatz nach dem Ende der Arbeitszeitdauer

$$(S - (s + \overline{AZ}_k) + 1) \cdot (a_{ik} + u_{is}) + \sum_{s'=s+\overline{AZ}_k}^S PE_{is'} \leq 2 \cdot (S - (s + \overline{AZ}_k) + 1)$$

$$\forall k = 1, 2, \dots, K$$

$$\forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{AZ}_k$$

$$\forall i \in \underline{I}_k \quad (S0.5) \approx (S0a.6)$$

Nichtnegativitäts- und Ganzzahligkeitsbedingung

$$PE_{is}, u_{is}, a_{ik} \in \{0, 1\} \quad \forall \text{rel. } i, s, k$$

ERLÄUTERUNGEN ZU MODELL S0A

Die Restriktion zur Deckung des Personalbedarfs (vgl. (S0a.1)) entnehmen wir Modell S0. Die Restriktion zur Abstimmung des Personaleinsatzes mit der verfügbaren Arbeitszeitdauer (vgl. (S0a.2)) modifizieren wir gegenüber (S0.2) dahingehend, daß wir den Personaleinsatz statt mit einer arbeitskraftspezifisch gegebenen Arbeitszeitdauer (\overline{AZ}_1) mit der Arbeitszeitdauer (\overline{AZ}_k) einer zu wählenden Arbeitszeitkategorie abgleichen. Diese erfassen wir anhand der Binärvariablen a_{ik} und summieren über alle Arbeitszeitkategorien, nach denen die Arbeitskraft zu arbeiten bereit ist ($k \in K_i$). In Restriktion (S0a.3) stellen wir sicher, daß der Arbeitskraft genau eine Kategorie zugewiesen wird. Die Restriktionen zum Erkennen und Erzwingen der Beginnzeitpunkte (vgl. (S0a.4), (S0a.5)) und zur Verhinderung eines Einsatzes nach dem Ende der Arbeitszeitdauer (vgl. (S0a.6)) stellen Modifikationen der Restriktionen (S0.3), (S0.4) und (S0.5) dar.

Erläuterung zur Zielfunktion

Die Zielfunktion entspricht der Zielfunktion des Modells S0 ergänzt um die (unternehmerseitigen) Präferenzen bzgl. der Arbeitszeitdauern. Dabei werden kurze Arbeitszeitdauern in der zu maximierenden Zielfunktion höher bewertet als lange Arbeitszeitdauern, wodurch die Modelllösung das von den Arbeitskräften zur Verfügung gestellte Arbeitszeitvolumen (nach Möglichkeit) nur zu den Zeiten einplant, in denen ein Personalbedarf im Leistungsprozeß besteht. Einsätze zu Zeiten, in denen die Arbeitskräfte auch bei fehlendem Bedarf zu arbeiten wünschen, werden minimiert.

Erläuterung zum Erkennen und Erzwingen der Beginnzeitpunkte

Zum Erkennen der Beginnzeitpunkte wird die Personaleinsatzvariable erfaßt, die eine größere Ausprägung als alle ihr vorausgehenden Einsatzvariablen hat. Dies entspricht dem Vorgehen des Modells S0⁶³. Lediglich der letztmögliche Einsatzbeginnzeitpunkt einer Arbeitskraft wird aus der arbeitskraftspezifisch kürzest möglichen Arbeitszeitdauer (\overline{AZ}_i^{\min}) statt aus der gegebenen bestimmt. Wir haben dies im Allquantor der Restriktion (S0a.4) bzw. in der Summationsobergrenze von (S0a.5) erfaßt. Beim Erzwingen eines Einsatzbeginnzeitpunktes (vgl. (S0a.5)) erreichen wir dadurch die größtmögliche Summation der arbeitskraftspezifischen Einsatzbeginnzeitpunkte; die komplette Flexibilität der offenen Arbeitszeitdauern ist gewahrt⁶⁴.

Erläuterung zu „Kein Einsatz nach dem Ende der Anwesenheitsdauer“

Abhängig vom (im Modell entschiedenen) Einsatzbeginn und von der (im Modell entschiedenen) Arbeitszeitdauer darf nach dem Ende der Arbeitszeit kein Einsatz geplant werden. Die abzubildende Implikation ist durch zwei Wenn-Bedingungen bestimmt:

⁶³ Vgl. zur Erläuterung der formalen Formulierung die Erläuterungen zu (S0.3) in Kap. 4.2.1

⁶⁴ Vgl. für ähnliche Probleme in der Investitionstheorie die Berechnung optimaler Ersatzzeitpunkte von Maschinen in z.B. FRANKE/HAX (1994), S. 204f., BETGE (1991), S. 78 - 85.

WENN Arbeitskraft i mit der Dauer der Arbeitszeitkategorie k bereitgestellt wird ($a_{ik} = 1$) und in Periode s mit ihrem Einsatz beginnt ($u_{is} = 1$), DANN müssen die Personaleinsatzvariablen der Perioden, die nach dem Ende der Arbeitszeitdauer liegen, den Wert 0 annehmen⁶⁵. Wir erfassen diesen Zusammenhang für alle Arbeitszeitkategorien k , für alle arbeitszeitkategorie-spezifischen Beginnzeitpunkte mit Ausnahme des letzten⁶⁶ sowie für alle Arbeitskräfte, die mit der betrachteten Arbeitszeitkategorie bereitgestellt werden können, nach dem grundsätzlich gleichen Prinzip wie in (S0.4):

$$(S - (s + \overline{AZ}_k) + 1) \cdot (a_{ik} + u_{is}) + \sum_{s' = s + \overline{AZ}_k}^S PE_{is'} \leq 2 \cdot (S - (s + \overline{AZ}_k) + 1) \\ \forall k = 1, 2, \dots, K; \forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{AZ}_k; \forall i \in I_k \quad (S0a.6)$$

Auf der linken Ungleichungsseite sind die Personaleinsatzvariablen summiert, die den Einsatz in den Perioden nach Arbeitszeitende symbolisieren ($s' = s + \overline{AZ}_k$, $s + \overline{AZ}_k + 1$, ..., S). Es sind die Variablen addiert, die den Einsatzbeginn in der betrachteten Periode (u_{is}) und die betrachtete Arbeitszeitkategorie (a_{ik}) markieren. Diese sind mit der Zahl der erfaßten Einsatzvariablen ($S - (s + \overline{AZ}_k) + 1$) multipliziert. Die linke Ungleichungsseite nimmt maximal den dreifachen Wert der Zahl der dem Arbeitszeitende folgenden Variablen an⁶⁷; die rechte Ungleichungsseite ist beschränkt auf den zweifachen Wert der gleichen Zahl. Folglich müssen alle erfaßten Personaleinsatzvariablen den Wert 0 annehmen, sobald auf der linken Ungleichungsseite die Hilfsvariablen u_{is} und a_{ik} den Wert 1 annehmen; ein Einsatz nach dem Ende der Arbeitszeitdauer ist verhindert. Weist nur eine oder keine Hilfsvariable den Wert 1 auf, hat (S0a.6) keine begrenzende Wirkung. Für eine beliebige Arbeitskraft i , die Beginnzeitpunkte $s = 1$ und 2, eine Betriebszeitdauer von $S = 14$ sowie die Arbeitszeitkategorien $k = 1, 2$ ($\overline{AZ}_1 = 10$, $\overline{AZ}_2 = 12$) lautet die ausformulierte Restriktion wie folgt:

$$\begin{array}{ll} k = 1, s = 1 & 4 \cdot u_{i1} + 4 \cdot a_{i1} + PE_{i11} + PE_{i12} + PE_{i13} + PE_{i14} \leq 8 \\ & s = 2 \quad 3 \cdot u_{i2} + 3 \cdot a_{i1} \quad \quad \quad + PE_{i12} + PE_{i13} + PE_{i14} \leq 6 \\ k = 2, s = 1 & 2 \cdot u_{i1} + 2 \cdot a_{i2} + PE_{i13} + PE_{i14} \leq 4 \\ & s = 2 \quad 1 \cdot u_{i2} + 1 \cdot a_{i2} \quad \quad \quad + PE_{i14} \leq 2 \end{array}$$

⁶⁵ Dies entspricht der Abbildungssituation 4 in Kap. 4.1.2.

⁶⁶ Beim letztmöglichen Einsatzbeginnzeitpunkt endet die Arbeitszeitdauer mit der Betriebszeit. Es kann per se kein Einsatz nach dem Ende der Arbeitszeit eingeplant werden.

⁶⁷ Dies entspricht dem zu verhindernden Fall, daß die Arbeitszeitkategorie k gewählt wird ($a_{ik} = 1$), in s mit dem Einsatz begonnen wird ($u_{is} = 1$) und für alle Perioden zwischen dem Ende der Arbeits- ($s' = s + \overline{AZ}_k$) und der Betriebszeit ($s' = S$) ein Einsatz geplant ist.

PRAXISBEISPIEL

Die Wirkungsweise des Modells zeigen wir anhand folgender modifizierter Daten des Beispiels zu Modell S0. Wir betrachten weiterhin das Kaufhaus mit einer zehnstündigen Betriebszeit ($S = 20$), dem fünf Arbeitskräfte zur Verfügung stehen. Von diesen sind drei ($i = 1, 2, 3$) bereit, zwischen drei und fünf Stunden zu arbeiten, weitere zwei ($i = 4, 5$) geben Arbeitszeitwünsche zwischen vier und sechs Stunden an. Die für die Planung verantwortlichen Personen leiten sieben Arbeitszeitkategorien ab ($k = 1, 2, \dots, 7$; $\overline{AZ}_1 = 6$, $\overline{AZ}_2 = 7$, $\overline{AZ}_3 = 8$, $\overline{AZ}_4 = 9$, $\overline{AZ}_5 = 10$, $\overline{AZ}_6 = 11$, $\overline{AZ}_7 = 12$) und bilden folgende Mengen arbeitskraftspezifischer Arbeitszeitkategorien (K_i): $K_1 = K_2 = K_3 = \{1, 2, 3, 4, 5\}$, $K_4 = K_5 = \{3, 4, 5, 6, 7\}$. Abhängig von der 20 Perioden umfassenden Betriebszeit ergeben sich folgende arbeitszeitkategoriespezifische Beginnzeitpunkte (S_k): $S_1 = \{1, 2, \dots, 15\}$, $S_2 = \{1, 2, \dots, 14\}$, $S_3 = \{1, 2, \dots, 13\}$, $S_4 = \{1, 2, \dots, 12\}$, $S_5 = \{1, 2, \dots, 11\}$, $S_6 = \{1, 2, \dots, 10\}$, $S_7 = \{1, 2, \dots, 9\}$. Gefragt nach ihren Präferenzen, geben die Arbeitskräfte $i = 1, 3$ und 5 an, daß sie eher frühe Arbeitszeitlagen wünschen, $i = 2$ und 4 beginnen lieber spät. Die Unternehmensleitung präferiert möglichst kurze Arbeitszeitdauern; ihre Präferenzen sollen die Lagepräferenzen der Arbeitskräfte dominieren⁶⁸. Abbildung 22 zeigt eine mögliche Zuordnung von Werten zu den Präferenzen. Die grau schattierten Felder markieren die Perioden, die (arbeitskraftspezifisch) nicht als Beginnzeitpunkte vorgesehen werden können. Abbildung 23 zeigt die Ausprägungen des schwankenden Personalbedarfs sowie den Einsatzplan der Lösung. Dort markieren die fett gedruckten Symbole die Binärvariablen (u_{is}) der Ausprägung 1, die grau schattierten Felder die präferierten Perioden. Der Zielfunktionswert ist 78.

Abb. 22: Präferenzwerte für Modell S0a

s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
i=1			5	4	3	2	1													
i=2											1	2	3	4	5					
i=3		5	4	3	2	1														
i=4								1	2	3	4	5								
i=5	5	4	3	2	1															

k	1	2	3	4	5	6	7
ΩA^k	31	26	21	16	11	6	1

⁶⁸ Die Dominanz der Präferenzen für die Arbeitszeitdauer ergibt sich wie folgt: die kürzeste Arbeitszeitdauer ($k = 1$, $\Omega A^1 = 31$) dominiert mit einem am wenigsten präferierten Beginnzeitpunkt ($\Omega L^1 = 1$) die zweitkürzeste Arbeitszeitdauer ($k = 2$, $\Omega A^2 = 26$) mit einem am stärksten präferierten Beginnzeitpunkt ($\Omega A^2 = 5$): $31 + 1 > 26 + 5$. Dies gilt für alle Kombinationen von Arbeitszeitdauern und Beginnzeitpunkten. Betrüge die Differenz zwischen den Präferenzen bzgl. der Arbeitszeitdauern stets 6 statt 5, würden die kürzeren Arbeitszeitdauern auch ohne einen präferierten Beginnzeitpunkt stets die nächst längere Arbeitszeitdauer dominieren.

Abb. 23: Einsatzplan mit optimierten Arbeitszeitdauern und Beginnzeitpunkten für offene Arbeitszeitdauern ohne Pausen (Modellösung S0a)

s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PR _i	1	1	1	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	2	2	1	1	1
i=1	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-
i=2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x
i=3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
i=4	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-
i=5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

„x“/„-“ bedeutet: Einsatz/kein Einsatz im Leistungsprozeß

„AO“ bedeutet: Personalüberausstattung

Die Arbeitskräfte arbeiten alle innerhalb des (von ihnen) vorgegebenen Arbeitszeitrahmens ($i = 1$: 5 Std., $i = 2$: 3½ Std., $i = 3$: 4 Std., $i = 4$: 6 Std. $i = 5$: 5½ Std.); $i = 1, 2$ und 5 beginnen in einer von ihnen präferierten Periode. Der zunächst naheliegende Tausch der Arbeitszeiten der Arbeitskräfte $i = 3$ und 4 , mit Hilfe dessen die Einsätze zu präferierten Zeiten beginnen würden, scheitert daran, daß Arbeitskraft $i = 3$ nur maximal fünf Stunden zu arbeiten bereit ist, $i = 4$ aber für sechs Stunden eingeplant wird. Die Personalüberausstattung, die bei gleicher Personalbedarfsstruktur und gegebenen Arbeitszeitdauern in Modell S0 fünfeinhalb Stunden betrug, wurde durch die erst im Modell entschiedenen Arbeitszeitdauern eliminiert.

4.2.3.2. Offene Arbeitszeitdauern mit dem Erfordernis einer Pause

Arbeitszeiten mit einer Pause umfassen eine Dauer von sechseinhalb bis neun Stunden. Sie erfordern eine Differenzierung zwischen der Arbeits- und der Anwesenheitszeit: erstere bestimmt die Anzahl einzuplanender halbstündiger Einsätze, letztere den letzten Einsatzbeginnzeitpunkt sowie die Periode, nach der kein weiterer Einsatz erfolgen darf. Modellendogen wird - wie in Modell S1 - über die Lage der gegebenen Pausendauer sowie über die Lage der Arbeitszeitdauer bestimmt. Zusätzlich wird die arbeitskraftspezifische Dauer der Arbeitszeit erst während des Lösungsprozesses bestimmt. Die Problemstellung und die Modellformulierung sind überwiegend eine Synthese der Modelle S1 und S0a. Aufgrund des Erfordernisses einer Pause müssen wir darauf achten, daß eine Arbeitskraft zwar zu allen ihr prinzipiell möglichen Einsatzbeginnzeitpunkten mit der Arbeit beginnen kann, dadurch aber nicht arbeitszeitkategorie-spezifisch unzulässige Beginnzeitpunkte vorgesehen werden. Wir führen folgendes zusätzliche Symbol ein.

Datum

\bar{A}_i^{\min} := Mindestanwesenheitsdauer (Arbeitszeitdauer und Pausendauer) der
Arbeitskraft i, gemessen in Perioden (halbstündige Abschnitte)

MODELLFORMULIERUNG

Zielfunktion

$$\sum_{i=1}^I \left(\sum_{s=1}^{S-\bar{A}_i^{\min}+1} \Omega L_i^s \cdot u_{is} + \sum_{k \in \underline{K}_i} \Omega A^k \cdot a_{ik} \right) = \max \quad (S0a.Z) \approx (S1a.Z)$$

Deckung des Personalbedarfs

$$\overline{PB}_s \leq \sum_{i=1}^I PE_{is} \quad \forall s = 1, 2, \dots, S \quad (S0a.1) \approx (S1a.1)$$

Einsatz während der Dauer der zu wählenden Arbeitszeitkategorie

$$\sum_{s=1}^S PE_{is} = \sum_{k \in \underline{K}_i} \bar{AZ}_k \cdot a_{ik} \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (S0a.2) \approx (S1a.2)$$

Erzwingen einer Arbeitszeitkategorie

$$\sum_{k \in \underline{K}_i} a_{ik} = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (S0a.3) \approx (S1a.3)$$

Erkennen der Beginnzeitpunkte

$$PE_{is} - \sum_{s'=1}^{s-1} PE_{is'} \leq u_{is} \quad \forall i = 1, 2, \dots, I$$

$$\forall s = 1, 2, \dots, S - \bar{A}_i^{\min} + 1 \quad (S0a.4) \approx (S1a.4)$$

Erzwingen eines Beginnzeitpunktes

$$\sum_{s=1}^{S-\bar{A}_i^{\min}+1} u_{is} = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (S0a.5) \approx (S1a.5)$$

Ausschluß unzulässiger Beginnzeitpunkte in Abhängigkeit von der gewählten Arbeitszeitkategorie

$$\left(\bar{A}_k - \bar{A}_i^{\min} \right) \cdot a_{ik} + \sum_{s'=S-\bar{A}_k+2}^{S-\bar{A}_i^{\min}+1} u_{is'} \leq \bar{A}_k - \bar{A}_i^{\min}$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I$$

$$\forall k \in \underline{K}_i \setminus \{k, \text{ für die gilt: } \bar{A}_k = \bar{A}_i^{\min}\} \quad (S1a.6)$$

Kein Einsatz nach dem Ende der Arbeitszeitdauer

$$(S - (s + \bar{A}_k) + 1) \cdot (a_{ik} + u_{is}) + \sum_{s'=s+\bar{A}_k}^S PE_{is'} \leq 2 \cdot (S - (s + \bar{A}_k) + 1)$$

$$\forall k = 1, 2, \dots, K$$

$$\forall s = 1, 2, \dots, S - \bar{A}_k$$

$$\forall i \in I_k \quad (S0a.6) \approx (S1a.7)$$

Gewährleisten der zulässigen Pausenlage

$$\sum_{s'=s+\bar{A}_k-1-\overline{AD}^{\max}}^{s+\overline{AD}^{\max}} PE_{is'} + a_{ik} + u_{is} \leq 2 \cdot \overline{AD}^{\max} - \bar{A}_k + 3$$

$$\forall k = 1, 2, \dots, K$$

$$\forall s = 1, 2, \dots, S - \bar{A}_k + 1$$

$$\forall i \in I_k \quad (S1.6) \approx (S1a.8)$$

Nichtnegativitäts- und Ganzzahligkeitsbedingung

$$PE_{is}, u_{is}, a_{ik} \in \{0, 1\} \quad \forall \text{rel. } i, s, k$$

ERLÄUTERUNGEN ZU MODELL S1A

Die Restriktionen zur Deckung des Personalbedarfs (vgl. (S1a.1)) und zur Abstimmung des Personaleinsatzes mit der Dauer der (zwingend) zu wählenden Arbeitszeitkategorie (vgl. (S1a.2), (S1a.3)) sind dem Modell S0a entnommen. Die Zielfunktion (vgl. (S1a.Z)), die Restriktionen zum Erkennen und Erzwingen eines Einsatzbeginns (vgl. (S1.4), (S1a.5)) sowie zum Verhindern eines Einsatzes nach dem Ende der Anwesenheitsdauer (vgl. (S1a.7)) unterscheiden sich von der Zielfunktion bzw. den Restriktionen des Modells S0a durch die Berücksichtigung der Anwesenheitsdauer statt der Arbeitszeitdauer⁶⁹. Die Restriktion zur Gewährleistung der zulässigen Pausenlage (S1a.8) ist eine leichte Modifikation von (S1.6)⁷⁰. Wir betrachten die Anwesenheitsdauer von Arbeitszeitkategorien (\bar{A}_k), addieren auf der linken Ungleichungsseite die Hilfsvariable a_{ik} und begrenzen die rechte Ungleichungsseite auf $2 \cdot \overline{AD}^{\max} - \bar{A}_k + 3$.

⁶⁹ Vgl. den Wert \bar{A}_i^{\min} im Allquantor von (S1a.4), in der Summationsobergrenze von (S1a.Z), (S1a.5) sowie den Wert \bar{A}_k im Multiplikator, den Summationsgrenzen, der Rechten-Hand-Seite und im Allquantor von (S1a.7). In (S0a.Z), (S0a.4), (S0a.5) und (S0a.6) erfaßten wir die Werte \bar{AZ}^{\min} bzw. \bar{AZ}_i . Vgl. zur ausführlichen Erläuterung der Wirkungsweise dieser Restriktionstypen die Erläuterungen zu (S0a.4), (S0a.5) und (S0a.6) in Kap. 4.2.3.1. In der Zielfunktion könnten wir zusätzlich Präferenzwerte für die Pausenlagen erfassen.

⁷⁰ Vgl. zu dieser die ausführlichen Erläuterungen in Kap. 4.2.2.1. Die vorzunehmende Modifikation entspricht dem Vorgehen bei der Modifikation von (S0.4) zu (S0a.6). Die Struktur von (S1a.8) entspricht der Abbildungssituation 3 in Kap. 4.1.2.

Die Restriktion formulieren wir für alle Arbeitszeitkategorien, alle arbeitszeitkategorie-spezifischen Beginnzeitpunkte und alle Arbeitskräfte, die nach der Arbeitszeitkategorie eingesetzt werden können. Wir gewährleisten, daß abhängig von der Periode des Einsatzbeginns ($u_{is} = 1$) und von der Dauer der erst im Modell zu wählenden Arbeitszeitkategorie ($a_{ik} = 1$) zwischen der frühest ($s' = s + \bar{A}_k - 1 - \overline{AD}^{\max}$)⁷¹ und der spätest möglichen Pausenlage ($s' = s + \overline{AD}^{\max}$)⁷² genau eine Personaleinsatzvariable den die Pause symbolisierenden Wert 0 annimmt⁷³. Die neue Restriktion (S1a.6) werden wir bzgl. ihre Notwendigkeit und ihre Wirkungsweise im folgenden erklären.

Erläuterung zum Ausschluß unzulässiger Beginnzeitpunkte in Abhängigkeit von der gewählten Arbeitszeitkategorie

Der potentielle Einsatzbeginn einer Arbeitskraft wird begrenzt durch die Betriebszeitdauer (S) und durch die arbeitskraftspezifisch kürzest mögliche Anwesenheitsdauer (\bar{A}_i^{\min}). Ist diese kürzer als die Anwesenheitsdauer der der Arbeitskraft in der Modellösung zugewiesenen Arbeitszeitkategorie ($\bar{A}_i^{\min} < \bar{A}_k$, d.h. $S - \bar{A}_i^{\min} + 1 > S - \bar{A}_k + 1$), dominiert der (frühere) arbeitszeitkategoriespezifisch letztmögliche Einsatzbeginnzeitpunkt den (späteren) arbeitskraftspezifisch letztmöglichen Einsatzbeginn. Es darf dann maximal der letztmögliche arbeitszeitkategoriespezifische und nicht der zeitlich später gelegene letztmögliche arbeitskraftspezifische Einsatzbeginn geplant werden; sonst wäre aufgrund der Differenz zwischen der Anwesenheits- und der Arbeitszeitdauer ein Einsatz ohne Pause vorgesehen⁷⁴. Abbildung 24 zeigt die Lage der letztmöglichen Einsatzbeginnzeitpunkte unterschiedlicher Arbeitszeitkategorien. In der Kopfzeile sind die Perioden der Betriebszeit erfaßt ($s = 1, 2, \dots, 20$). Die Kopfspalte erfaßt die Arbeitszeitkategorien ($k = 1, 2, 3$). Die drei Zeilen zeigen die Anwesenheitsdauer in Abhängigkeit von der Arbeitszeitkategorie und vom letztmöglichen arbeitszeitkategoriespezifischen Einsatzbeginn. Wir können an dieser Abbildung die Wirkung der Wahl einer längeren Arbeitszeitdauer als die arbeitskraftspezifisch kürzest mögliche demonstrieren.

⁷¹ Die frühest mögliche Periode, in der eine Pause gewährt werden kann, ist die, nach der noch \overline{AD}^{\max} -Perioden gearbeitet werden

⁷² Die späteste Periode, in der eine Pause gewährt werden kann, ist die Periode, die \overline{AD}^{\max} -Perioden folgt. Vgl. ausführlich Kap. 3.2.2.

⁷³ Wie (S1.6) wirkt diese Mindest- zugleich als Hochstbedingung Vgl. Kap. 4.2.2.2.

⁷⁴ Nach (S1a.2) wäre die Arbeitskraft für ihre gesamte Arbeitszeitdauer eingesetzt, es wäre eine Arbeitszeitkategorie gewählt [(S1a.3) erfüllt] und ein (arbeitszeitkategoriespezifisch unzulässiger aber arbeitskraftspezifisch zulässiger) Beginnzeitpunkt zugewiesen [(S1a.4), (S1a.5) erfüllt]. Die Lagerrestriktionen (S1a.7) und (S1a.8) würden, da eine nicht vorgesehene Kombination von Arbeitszeitkategorie und Beginnzeitpunkt gewählt ist, umgangen.

Abb. 24: Abhängigkeit des letztmöglichen Einsatzbeginnzeitpunktes von der Dauer unterschiedlicher Arbeitszeitkategorien ($S = 20$; $k = 1, 2, 3$, $\bar{AZ}_1 = 16$ ($\bar{A}_1 = 17$), $\bar{AZ}_2 = 17$ ($\bar{A}_2 = 18$), $\bar{AZ}_3 = 18$ ($\bar{A}_3 = 19$))

k\s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	-	-	-	$u_{i,4}$	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	-	-	$u_{i,3}$	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	-	$u_{i,2}$	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

„•“, („-“, „-“) bedeutet: (keine) Anwesenheitszeit, wenn Arbeitszeitkategorie k vorliegt und zum arbeitszeitkategorie-spezifisch letztmöglichen Einsatzbeginnzeitpunkt mit dem Einsatz begonnen wird

$u_{i,s}$ bedeutet: letztmöglicher Einsatzbeginnzeitpunkt, $s = S - \bar{A}_k + 1$ (zählt mit zur Arbeits-/Anwesenheitszeit)

Exemplarisch ist Zeile zwei wie folgt zu lesen: der letztmögliche Einsatzbeginnzeitpunkt der Arbeitszeitkategorie mit einer achteinhalbstündigen Dauer ($k = 2$) ist $s = 3$, die Anwesenheitsdauer reicht bis zum Betriebszeitende. Betrachten wir eine Arbeitskraft, die nach diesen drei Arbeitszeitkategorien eingesetzt werden kann, so ist ihr letztmöglicher Beginnzeitpunkt die Periode $s = 4$. Wird sie jedoch nach Kategorie $k = 2$ (3) eingesetzt, muß sie zur Erfüllung der geforderte Arbeitszeit- und Pausedauer spätestens in $s = 3$ (2) ihren Einsatz beginnen. Der Einsatzbeginnzeitpunkt $s = 4$ ist somit für die betrachtete Arbeitskraft zwar ein grundsätzlich zulässiger Einsatzbeginnzeitpunkt, muß jedoch für den Fall des Zuweisens der Arbeitszeitkategorien mit achteinhalb und neunstündiger Dauer ($k = 2, 3$) ausgeschlossen werden. Restriktion (S1a.6) stellt dies allgemein sicher:

$$(\bar{A}_k - \bar{A}_i^{\min}) \cdot a_{ik} + \sum_{s'=S-\bar{A}_k+2}^{S-\bar{A}_i^{\min}+1} u_{i,s'} \leq \bar{A}_k - \bar{A}_i^{\min}$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall k \in \underline{K}_i \setminus \{k, \text{für die gilt: } \bar{A}_k = \bar{A}_i^{\min}\} \quad (\text{S1a.6})$$

Im ersten Term der linken Ungleichungsseite erfassen wir die Binärvariable a_{ik} , mit Hilfe derer wir erkennen, ob Arbeitskraft i Arbeitszeitkategorie k zugewiesen wird. Wir multiplizieren diese mit der Anzahl der ihr folgenden, aufsummierten $u_{i,s}$ -Variablen. Dies sind die $u_{i,s}$ -Variablen, die alle arbeitskraftspezifisch möglichen Beginnzeitpunkte symbolisieren, die nach dem letzten zulässigen Beginnzeitpunkt der gewählten Arbeitszeitkategorie liegen ($s' = S - \bar{A}_k + 2, \dots, S - \bar{A}_i^{\min} + 1$). Die linke Ungleichungsseite kann maximal den doppelten Wert der Anzahl unzulässiger Beginnzeitpunkte annehmen⁷⁵. Um dies zu verhindern, beschränken wir den Wert der rechten Unglei-

⁷⁵ Dieser Fall läge vor, wenn die betrachtete Arbeitszeitkategorie zugewiesen wird ($a_{ik} = 1$) und

chungsseite auf die einfache Zahl unzulässiger Beginnzeitpunkte ($\bar{A}_k - \bar{A}_i^{\min}$). Alle erfaßten u_{is} -Variablen müssen den Wert 0 annehmen, sobald die betrachtete Arbeitszeitkategorie ($a_{ik} = 1$) vorliegt; ein unzulässiger Beginnzeitpunkt ist verhindert. Wird die betrachtete Arbeitszeitkategorie der betrachteten Arbeitskraft nicht zugewiesen ($a_{ik} = 0$), verlieren die aufsummierten Beginnzeitpunkte den Status der Unzulässigkeit; sie können nach Restriktion (S1a.6) unrestringiert⁷⁶ den Wert 0 oder 1 annehmen. Die Restriktion ist für alle Arbeitskräfte sowie für alle arbeitskraftspezifischen Arbeitszeitkategorien, außer für die jeweils kürzeste⁷⁷, zu formulieren. Für eine beliebige Arbeitskraft i , eine zehnstündige Betriebszeit ($S = 20$) und die Arbeitszeitkategorien $k = 1, 2, 3$ ($\bar{AZ}_1 = 16$ ($\bar{A}_1 = \bar{A}_1^{\min} = 17$), $\bar{AZ}_2 = 17$ ($\bar{A}_2 = 18$), $\bar{AZ}_3 = 18$ ($\bar{A}_3 = 19$)) lautet die ausformulierte Restriktion wie folgt:

$k = 1$: keine Begrenzung, da keine unzulässigen Beginnzeitpunkte

$$k = 2: (18 - 17) \cdot a_{i2} + u_{i4} \leq (18 - 17) \quad \Rightarrow \quad 1 \cdot a_{i2} + u_{i4} \leq 1$$

$$k = 3: (19 - 17) \cdot a_{i3} + u_{i3} + u_{i4} \leq (19 - 17) \quad \Rightarrow \quad 2 \cdot a_{i3} + u_{i3} + u_{i4} \leq 2$$

PRAXISBEISPIEL

Um die Wirkungsweise des Modells zu zeigen, modifizieren wir die Daten des Beispiels aus Modell S1. Wir betrachten weiterhin das Kaufhaus mit einer zehnstündigen Betriebszeit ($S = 20$), dem vier Arbeitskräfte zur Verfügung stehen. Von diesen sind zwei ($i = 1, 2$) bereit, zwischen sechseinhalb und acht Stunden zu arbeiten, zwei ($i = 3, 4$) bieten Arbeitszeiten zwischen sieben und achteinhalb Stunden an. Es ergeben sich fünf Arbeitszeitkategorien: $k = 1, 2, \dots, 5$; $\bar{AZ}_1 = 13$ ($\bar{A}_1 = 14$), $\bar{AZ}_2 = 14$ ($\bar{A}_2 = 15$), $\bar{AZ}_3 = 15$ ($\bar{A}_3 = 16$), $\bar{AZ}_4 = 16$ ($\bar{A}_4 = 17$), $\bar{AZ}_5 = 17$ ($\bar{A}_5 = 18$). Die Mengen der arbeitskraftspezifischen Arbeitszeitkategorien gestalten sich wie folgt: $\underline{K}_1 = \underline{K}_2 = \{1, 2, 3, 4\}$, $\underline{K}_3 = \underline{K}_4 = \{2, 3, 4, 5\}$. Die Mengen der arbeitszeitkategorie-spezifischen Beginnzeitpunkte lauten: $\underline{S}_1 = \{1, 2, \dots, 7\}$, $\underline{S}_2 = \{1, 2, \dots, 6\}$, $\underline{S}_3 = \{1, 2, \dots, 5\}$, $\underline{S}_4 = \{1, 2, \dots, 4\}$, $\underline{S}_5 = \{1, 2, 3\}$. Bzgl. ihrer Präferenzen geben Arbeitskraft $i = 1$ und 3 an, daß sie lieber früh, $i = 2$ und 4, daß sie lieber spät mit ihrer Arbeit beginnen. Die Unternehmensleitung präferiert möglichst kurze Arbeitszeitdauern; ihre Präferenzen sollen die Lagepräferenzen der Arbeitskräfte dominieren. Abbildung 25 zeigt eine mögliche Zuordnung von Werten zu den Präferenzen⁷⁸. Die grau schattierten Felder markieren die Perioden,

alle Binärvariablen der unzulässigen Beginnzeitpunkte den Wert 1 annehmen.

⁷⁶ Unabhängig davon wirkt Restriktion (S1a.4) weiter beschränkend. Sie fordert, daß nur eine u_{is} -Variable den Wert 1 annehmen darf.

⁷⁷ Der späteste arbeitskraftspezifisch zulässige Einsatzbeginnzeitpunkt wird durch die arbeitskraftspezifisch kürzeste Arbeitszeitdauer bestimmt. Für die Arbeitszeitkategorie der entsprechenden Arbeitszeitdauer ist keiner der arbeitskraftspezifischen Beginnzeitpunkte unzulässig.

⁷⁸ Vgl. bzgl. der Präferenzwerte die Ausführungen zum Praxisbeispiel des Modells S1.

die (arbeitskraftspezifisch) nicht als Beginnzeitpunkte vorgesehen werden können. Anhang 2 zeigt das ausformulierte Modell, Abbildung 26 die Ausprägungen des schwankenden Personalbedarfs und den Einsatzplan der Lösung. Dort markieren die fett gedruckten Symbole die Binärvariablen (u_{is}) der Ausprägung 1, die grau schattierten Felder die präferierten Perioden. Der Zielfunktionswert beträgt 85.

Abb. 25: Präferenzwerte für Modell S1a

s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
i=1	5	3	1																	
i=2					1	3	5													
i=3				1	3	5														
i=4		5	3	1																

k	1	2	3	4	5
Ω^k	21	16	11	6	1

Abb. 26: Einsatzplan mit optimierten Arbeitszeitdauern und Beginnzeitpunkten für offene Arbeitszeitdauern mit einer Pause (Modellösung S1a)

s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
\overline{PB}_s	2	2	2	3	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1
i=1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	-	-	-	-	-	-
i=2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	-	-	-	-	-	-
i=3	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x
i=4	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	-	-
AO	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

„x“/„-“ bedeutet: Einsatz/kein Einsatz im Leistungsprozeß
 „AO“ bedeutet: Personalüberausstattung

Die Arbeitskräfte arbeiten alle innerhalb des von ihnen vorgegebenen Arbeitszeitrahmens, aufgrund der Struktur des Personalbedarfs wurde ihnen jeweils die kürzeste Arbeitszeitdauer zugewiesen, nach der sie noch zu arbeiten bereit sind (für $i = 1, 2$: 6½ Std., für $i = 3, 4$: 7 Std.). Drei der vier Arbeitskräfte konnten von ihnen präferierte Arbeitszeitlagen zugewiesen werden. Die Personalüberausstattung beträgt, verteilt auf die Perioden $s = 7, 9$ und 10, eineinhalb Stunden. Sie konnte im Vergleich zu Modell S1 reduziert, aufgrund der Mindestarbeitszeitdauern und der Personalbedarfsstruktur jedoch nicht eliminiert werden. Implizit wurden 260⁷⁹ durch ihre Arbeitszeitdauer und -lage sowie ihre Pausendauer und -lage bestimmte Arbeitszeitmuster erfaßt.

⁷⁹ Die Zahl 260 setzt sich wie folgt zusammen: betrachtet wurden Arbeitszeiten 8½, 8, 7½, 7, 6½-stündiger Dauer. Solche mit einer Dauer von 8½ (8, 7½, 7, 6½) Stunden können bei der gegebenen Betriebszeitdauer zu 3 (4, 5, 6, 7) unterschiedlichen Perioden beginnen. Zu jedem dieser

4.2.3.3. Offene Arbeitszeitdauern mit dem Erfordernis von zwei Pausen

Die Abbildung offener Arbeitszeitdauern mit dem Erfordernis von zwei Pausen ist eine Synthese der Überlegungen zu den Modellen S0a, S1a und S2. Zur Abstimmung von Personalbedarf und Personaleinsatz sowie des Personaleinsatzes mit der (zwingend) zu wählenden Arbeitszeitkategorie greifen wir auf die Restriktionen (S0a.1), (S0a.2) und (S0a.3) zurück. Das Erkennen und Erzwingen eines Beginnzeitpunktes, der Ausschluß unzulässiger Beginnzeitpunkte und eines Einsatzes nach dem Ende der Arbeitszeitdauer sowie die Maximierung der Arbeitszeitpräferenzen erfolgt gemäß den Restriktionen (S1a.4), (S1a.5), (S1a.6), (S1a.7) und der Zielfunktion (S1a.Z). Das Gewährleisten, Erkennen und Erzwingen der Lage der ersten Pause sowie das Gewährleisten der Lage der zweiten Pause erfolgt in Anlehnung an (S2.6), (S2.7), (S2.8) und (S2.9). Allein diese wollen wir explizit formulieren und im Anschluß erklären. Wir benötigen keine neuen Symbole.

MODELLFORMULIERUNG

- Zielfunktion (S1a.Z)=(S2a.Z)
- Deckung des Personalbedarfs (S0a.1)=(S2a.1)
- Einsatz während der Dauer der zu wählenden Arbeitszeitkategorie (S0a.2)=(S2a.2)
- Erzwingen einer Arbeitszeitkategorie (S0a.3)=(S2a.3)
- Erkennen eines Beginnzeitpunktes (S1a.4)=(S2a.4)
- Erzwingen eines Beginnzeitpunktes (S1a.5)=(S2a.5)
- Ausschluß unzulässiger Beginnzeitpunkte in Abhängigkeit von der gewählten Arbeitszeitkategorie (S1a.6)=(S2a.6)
- Kein Einsatz nach dem Ende der Arbeitszeitdauer (S1a.7)=(S2a.7)

Gewährleisten der zulässigen Lage der 1. Pause (S2.6)≈(S2a.8)

$$s + \overline{AD}^{\max} \sum_{s'=s+1} PE_{is'} + a_{ik} + u_{is} \leq \overline{AD}^{\max} + 1$$

$$\forall k = 1, 2, \dots, K; \forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{A}_k + 1$$

$$\forall i \in I_k$$

Beginnzeitpunkte gibt es abhängig von der Arbeitszeitdauer 8, 9, 10, 11 oder 12 unterschiedliche Pausenlagen. Es resultieren $3 \cdot 8 + 4 \cdot 9 + 5 \cdot 10 + 6 \cdot 11 + 7 \cdot 12 = 260$ Arbeitszeitmuster. Dies sind 74 Arbeitszeitmuster mehr als im Bsp. zu S1 (dort hatten wir bei gleicher Betriebszeitdauer Arbeitszeiten 8, 7 und 6½-stündiger Dauer betrachtet).

Erkennen der Lage der 1. Pause

(S2.7)≈(S2a.9)

$$PE_{is} - \sum_{s^*=s'+1}^{s-1} PE_{is^*} - 2 \cdot u_{is'} - \sum_{s^* \in S_i \setminus \{s'\}} u_{is^*} + (s-s'+1) \cdot p_{iss'} \leq 0$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall s' = 1, 2, \dots, S - \bar{A}_i^{\min} + 1$$

$$\forall s = s' + 1, s' + 2, \dots, s' + \overline{AD}^{\max}$$

Erzwingen des Erkennens der Lage der 1. Pause

(S2.8)≈(S2a.10)

$$S - \bar{A}_i^{\min} + 1 - \sum_{s'=1}^{s'+\overline{AD}^{\max}} p_{iss'} = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I$$

Gewährleisten der zulässigen Lage der 2. Pause

(S2.9)≈(S2a.11)

$$\min \left\{ s + \overline{AD}^{\max} + 1; s' + \bar{A}_k - 2 \right\} + a_{ik} + p_{iss'} \leq \min \left\{ s + \overline{AD}^{\max} + 1; s' + \bar{A}_k - 2 \right\} - \max \left\{ s + 1; s' + \bar{A}_k - 1 - \overline{AD}^{\max} \right\} + 2$$

$$\forall k = 1, 2, \dots, K; \forall s' = 1, 2, \dots, S - \bar{A}_k + 1$$

$$\forall s = s' + 1, s' + 2, \dots, s' + \overline{AD}^{\max}, \forall i \in I_k$$

Nichtnegativitäts- und Ganzzahligkeitsbedingung

$$PE_{is}, u_{is}, a_{ik}, p_{iss'} \in \{0, 1\} \quad \forall \text{rel. } i, s, s', k$$

ERLÄUTERUNGEN ZU MODELL S2A

Die Restriktionen zum Erkennen und Erzwingen der zulässigen Lage der ersten Pause (vgl. (S2a.9), (S2a.10)) unterscheiden sich von denen des Modells S2 nur darin, daß der letzte arbeitskraftspezifische Beginnzeitpunkt durch deren kürzest mögliche (\bar{A}_i^{\min}) und nicht durch deren gegebene Anwesenheitsdauer (\bar{A}_i) bestimmt wird⁸⁰. Die Restriktionen, die in Modell S2 die zulässige Lage der ersten (S2.6) und der zweiten Pause (S2.9) beschränken, ergänzen wir in S2a um die Binärvariable, die die erst im Modell zu entscheidende Arbeitszeitkategorie erfaßt⁸¹. (S2a.8) stellt dadurch sicher, daß wenn der betrachteten Arbeitskraft i die betrachtete Arbeitszeitkategorie k ($a_{ik} = 1$) und der betrachtete Beginnzeitpunkt s ($u_{is} = 1$) zugewiesen wird, innerhalb des bereits

⁸⁰ Dies hat in (S2a.9) Auswirkungen auf den Allquantor, in (S2a.10) Auswirkungen auf die erste Summationsobergrenze. Vgl. zum Aufbau von (S2a.9) und (S2a.10) die Erläuterungen zu (S2.7) und (S2.8) in Kap. 4.2.2.3.

⁸¹ Diesen Schritt kennen wir bereits aus der Formulierung von (S0a.6), aufbauend auf (S0.5), vgl. Kap. 4.2.3.1 und aus der Formulierung von (S1a.8), aufbauend auf (S1.6), vgl. Kap. 4.2.3.2. Er führt uns zur Abbildungssituation 3 in Kap. 4.1.2.

bei Restriktion (S2.6) erläuterten Pausenkorridders mindestens eine Personaleinsatzvariable den die Pause symbolisierenden Wert 0 annimmt. Dies wird dadurch erreicht, daß wir die rechte Ungleichungsseite auf die Zahl der auf der linken Ungleichungsseite erfaßten Variablen, abzüglich des Wertes 1 begrenzen⁸². Restriktion (S2a.11) gewährt nach dem gleichen Prinzip die zulässige Lage der 2. Pause. Zu den in der Summation erfaßten Personaleinsatzvariablen innerhalb des zulässigen Lagerrahmens der zweiten Pause⁸³ addieren wir die Binärvariablen zum Erkennen der betrachteten Arbeitszeitkategorie (a_{ik}) und zum Erkennen der Lage der ersten Pause (p_{iss}) und begrenzen die rechte Ungleichungsseite auf die Zahl der auf der linken Ungleichungsseite erfaßten Variablen abzüglich des Wertes 1. Wenn nun die betrachtete Arbeitszeitkategorie k ($a_{ik} = 1$) und die betrachtete Lage der ersten Pause (s) bei Beginnzeitpunkt s' ($p_{iss} = 1$) vorliegen muß (mindestens) eine Personaleinsatzvariable den die Pause symbolisierenden Wert 0 annehmen. Aufgrund des Zusammenspiels mit den weiteren Lagerrestriktionen des Modells wirkt diese Mindestbedingung - wie bereits bei (S2.9) - zugleich als Höchstbedingung. Liegt nur die betrachtete Arbeitszeitkategorie, nur die betrachtete Pausenlage oder keine von beiden vor, wirkt die Restriktion nicht beschränkend⁸⁴. Beide Restriktionen sind für alle Arbeitszeitkategorien, für alle arbeitszeitkategorie-spezifischen Beginnzeitpunkte sowie für alle Arbeitskräfte, die nach der betrachteten Arbeitszeitkategorie eingesetzt werden können, zu formulieren; (S2a.11) ist zusätzlich für alle vom Beginnzeitpunkt abhängigen Lagemöglichkeiten der ersten Pause relevant. Aufgrund der resultierenden großen Restriktionenzahl⁸⁵, dem verhältnismäßig geringen Anwendungsbereich - unter den Annahmen dieser Arbeit sind die formulierten Restriktionen nur für neuneinhalb- und zehnstündige Arbeitszeitdauern von Relevanz - sowie den relativ wenigen neuen Informationen wollen wir auf ein ausformuliertes Bsp. verzichten.

4.2.4. Berücksichtigung von Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten

Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten liegen vor, wenn der zu deckende Personalbedarf nach unterschiedlichen Tätigkeitsarten differenziert ist und dem Unternehmen Arbeitskräfte zur Verfügung stehen, die mehr als eine dieser Tätigkeitsart erledigen können. Die Bereitstellungsmehrdeutigkeit erfaßt, daß es mehrere - nach ihrer

⁸² Aufgrund des Zusammenwirkens mit den weiteren, die Lage der Arbeits- und Pausenzeit begrenzenden Restriktionen können maximal zwei Variablen den Wert 0 annehmen. In den Fällen in denen die betrachtete Arbeitszeitkategorie und/oder der betrachtete Beginnzeitpunkt nicht vorliegen, wirkt die Restriktion nicht beschränkend Vgl. bzgl. einer ausführlicheren Erläuterung des Prinzips dieses Restriktionentyps die Erläuterungen zu (S2.6) in Kap. 4.2.2.3.

⁸³ Vgl. zu dessen Bestimmung Kap. 3 2.2 und 4.2.2.3

⁸⁴ Vgl. bzgl. einer ausführlicheren Erläuterung zu diesem Restriktionentyp die Erläuterungen zu (S2.9) in Kap. 4 2.2.3. Wir befinden uns in der Abbildungssituation 3 des Kapitels 4.1.2.

⁸⁵ Vgl. zu deren Bestimmung die Ausführungen in Kap. 5.2 insb. Abb. 53.

Qualifikation differenzierte - Arbeitskräfte/-kategorien gibt, die die betrachtete Tätigkeitsart ausüben können. Die Verwendungsmehrdeutigkeit umschreibt, daß eine Arbeitskraft/Arbeitskräftekategorie für mehrere Tätigkeitsarten verwendet werden kann⁸⁶. Die Berücksichtigung von Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten ermöglicht - je nach Datenkonstellation - den Personalbedarf mit einem geringeren Ausstattungsniveau zu decken⁸⁷. Zugleich ist zu beachten, daß mehrfachqualifizierte Arbeitskräfte innerhalb einer Periode nur eine Tätigkeitsart ausüben können. Wir kombinieren diese, die qualitative Dimension der Personalplanung betreffenden Mehrdeutigkeiten mit den Formulierungen der Modelle S0 bis S2a. Dort wurden allein temporale Mehrdeutigkeiten erfaßt. Aus Gründen der Komplexitätsreduktion konzentrieren wir uns auf die Abbildungssituation des Modells S1. Wir erweitern diese, so daß unterschiedliche Arten von Personalbedarfen mit ein- und mehrfachqualifizierten Arbeitskräften gedeckt werden können⁸⁸. Wir führen folgende neue Symbole ein:

Datum

\overline{PB}_q^s := Personalbedarf der Tätigkeitsart q in Periode s (s ist ein halbstündiger Abschnitt)

Variable

PE_{iq}^s := $\begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ in Periode } s \text{ für Tätigkeitsart } q \text{ eingesetzt wird} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$

Indices/Mengen/Indexmengen

q = 1, 2, ..., Q := Index zur Kennzeichnung von Tätigkeitsarten

$I^{\#}$:= Menge der mehrfachqualifizierten Arbeitskräfte ($\#Q_i > 1, \forall i \in I^{\#}$)

I_q := Menge der individuellen Arbeitskräfte i, die für Tätigkeitsart q bereitgestellt werden können (individuelles Bereitstellungsspektrum)

Q_i := Menge der Tätigkeitsarten q, die von der individuellen Arbeitskraft i ausgeführt werden können (individuelles Verwendungsspektrum)

⁸⁶ Wir erinnern an unsere Ausführungen in Kap. 1.2.2.

⁸⁷ Vgl. zur Bedeutung mehrfachqualifizierter Arbeitskräfte für die Deckung unterschiedlicher Personalbedarfskonstellationen KOSSBIEL (1986), S. 87 - 95; MUCHE (1989), S. 131 - 172.

⁸⁸ Es sei betont, daß mehrfachqualifizierte Arbeitskräfte innerhalb eines Tages unterschiedliche Tätigkeitsarten ausüben können. Diese Annahme unterscheidet sich von der der Modelle des tour-scheduling bei Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeit. Dort gehen wir davon aus, daß die Tätigkeiten nur zwischen den Tagen gewechselt werden können (z.B. weil die Tätigkeiten an unterschiedlichen Orten ausgeführt werden).

MODELLFORMULIERUNG

Zielfunktion

$$\sum_{i=1}^I \left(\sum_{s=1}^{S-\bar{A}_i+1} \Omega L_i^s \cdot u_{is} - \sum_{s=1}^S \sum_{q \in \underline{Q}_i} \Omega P_i^s \cdot PE_{iq}^s \right) ! = \max \quad (S1.Z) \approx (SQ.Z)$$

Deckung des Personalbedarfs

$$\overline{PB}_q^s \leq \sum_{i \in \underline{I}_q} PE_{iq}^s \quad \forall s = 1, 2, \dots, S$$

$$\quad \quad \quad \forall q = 1, 2, \dots, Q \quad (S0.1) \approx (SQ.1)$$

Sicherstellen höchstens einer Tätigkeit pro Periode für mehrfachqualifizierte Arbeitskräfte

$$\sum_{q \in \underline{Q}_i} PE_{iq}^s \leq 1 \quad \forall i \in \underline{I}^{\#}$$

$$\quad \quad \quad \forall s = 1, 2, \dots, S \quad (SQ.2)$$

Sicherstellen der gegebenen Arbeitszeitdauer

$$\sum_{s=1}^S \sum_{q \in \underline{Q}_i} PE_{iq}^s = \overline{AZ}_i \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (S0.2) \approx (SQ.3)$$

Erkennen der Beginnzeitpunkte

$$\sum_{q \in \underline{Q}_i} \left(PE_{iq}^s - \sum_{s'=1}^{s-1} PE_{iq}^{s'} \right) \leq u_{is} \quad \forall i = 1, 2, \dots, I$$

$$\quad \quad \quad \forall s = 1, 2, \dots, S - \bar{A}_i + 1 \quad (S1.3) \approx (SQ.4)$$

Erzwingen eines Beginnzeitpunktes

$$\sum_{s=1}^{S-\bar{A}_i+1} u_{is} = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (S1.4) = (SQ.5)$$

Kein Einsatz nach dem Ende der Anwesenheitsdauer

$$\left((S - (s + \bar{A}_i) + 1) \cdot \# \underline{Q}_i \right) \cdot u_{is} + \sum_{s'=s+\bar{A}_i}^S \sum_{q \in \underline{Q}_i} PE_{iq}^{s'} \leq (S - (s + \bar{A}_i) + 1) \cdot \# \underline{Q}_i$$

$$\quad \quad \quad \forall i = 1, 2, \dots, I$$

$$\quad \quad \quad \forall s = 1, 2, \dots, S - \bar{A}_i \quad (S0.5) \approx (SQ.6)$$

Gewährleisten der zulässigen Pausenlage

$$\begin{aligned}
 & \sum_{s=\overline{A}_i-1-\overline{AD}^{\max}}^{s+\overline{AD}^{\max}} \sum_{q \in \underline{Q}_i} PE_{iq}^s + u_{is} \leq 2 \cdot \overline{AD}^{\max} - \overline{A}_i + 2 \\
 & \forall i = 1, 2, \dots, I \\
 & \forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{A}_i + 1 \quad (S1.6) \approx (SQ.7)
 \end{aligned}$$

Nichtnegativitäts- und Ganzzahligkeitsbedingung

$$PE_{iq}^s, u_{is} \in \{0, 1\} \quad \forall \text{ rel. } i, q, s$$

ERLÄUTERUNGEN ZU MODELL SQ

Grundsätzlich entsprechen die Formulierungen des Modells SQ den Formulierungen des Modells S1. Sie unterscheiden sich lediglich dadurch, daß der Personalbedarf nach Tätigkeitsarten unterschieden wird und die Arbeitskräfte für eine der Tätigkeitsarten, die sie grundsätzlich ausüben können, eingesetzt werden. Dies führt zu folgender Zielfunktion und zu folgenden Restriktionen. In der Zielfunktion sind die nach Arbeitskräften und Tätigkeitsarten differenzierten Personaleinsatzvariablen der potentiellen Pausenlage summiert. Sie werden - gewichtet mit den Pausenpräferenzwerten - von den die Arbeitszeitlage erfassenden, mit Präferenzwerten multiplizierten Variablen subtrahiert⁸⁹. Im Restriktionsraum wird der nach Tätigkeitsarten differenzierte Personalbedarf in allen Perioden und für alle Tätigkeitsarten mit dem Einsatz der Arbeitskräfte, die diese Tätigkeitsart ausüben können, (mindestens) gedeckt (vgl. (SQ.1)). Bei der Abstimmung des Personaleinsatzes mit der Personalverfügbarkeit (vgl. (SQ.2), (SQ.3)) wird sichergestellt, daß mehrfachqualifizierte Arbeitskräfte in einer Periode nur für maximal eine Tätigkeitsart eingesetzt werden können (vgl. (SQ.2)). Zudem wird - wie bereits in allen vorangegangenen Modellen - gewährleistet, daß die Arbeitskräfte während ihrer gesamten Arbeitszeitdauer für einen Einsatz eingeplant werden (vgl. (SQ.3)); wir summieren die arbeitskraftspezifischen Personaleinsatzvariablen über alle Perioden ($s = 1, 2, \dots, S$) und über alle Tätigkeitsarten, die die betrachtete Arbeitskraft ausüben kann ($q \in \underline{Q}_i$). Um einen Einsatzbeginn zu erkennen (vgl. (SQ.4)), wird die Personaleinsatzvariable erfaßt, die einen größeren Wert annimmt als alle ihr vorausgehenden Einsatzvariablen. Wir berücksichtigen, daß die betrachtete Arbeitskraft in jeder Periode grundsätzlich für verschiedene Tätigkeitsarten vorgesehen werden kann (Summation über $q \in \underline{Q}_i$). Die Restriktion zum Erzwingen eines Beginnzeitpunktes (vgl. (SQ.5)) erfaßt keine Personaleinsatzvariable, sie unterscheidet sich nicht von (S1.4). Die Restriktionen, die einen Einsatz nach dem Ende der Anwesenheitszeit verhindern (vgl. (SQ.6)) bzw. eine zulässige Pausenlage gewähren (vgl. (SQ.7)), enthalten die modifizierten Personaleinsatzvariablen. Wir erläutern sie ausführlicher.

⁸⁹ Vgl. zum Aufbau der Zielfunktion ausführlicher die Erläuterungen zu (S1.Z) in Kap. 4.2.2.2

Erläuterung zu „Kein Einsatz nach dem Ende der Anwesenheitsdauer“

Der aus Kapitel 4.2.2 hinreichend bekannte Zusammenhang, daß eine Arbeitskraft i , die in Periode s mit einem Einsatz von \overline{AZ} -periodiger Dauer beginnt, nach dem Ende ihrer Anwesenheitsdauer ($s' = s + \overline{A}_i, s + \overline{A}_i + 1, \dots, S$) für keinen weiteren Einsatz vorgesehen werden darf, gilt unverändert für die Situation mehrfachqualifizierter Arbeitskräfte. Lediglich die innerhalb der angesprochenen Perioden auszuschließenden Einsatzalternativen, der Multiplikator der Binärvariablen und die Schranke der rechten Ungleichungsseite erhöhen sich⁹⁰:

$$\left((S - (s + \overline{A}_i) + 1) \cdot \#Q_i \right) \cdot u_{is} + \sum_{s'=s+\overline{A}_i}^S \sum_{q \in Q_i} PE_{iq}^{s'} \leq (S - (s + \overline{A}_i) + 1) \cdot \#Q_i$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{A}_i \quad (\text{SQ.6})$$

Die Summation der linken Ungleichungsseite erfaßt die Personaleinsatzvariablen, die den Einsatz (bei unterschiedlichen Tätigkeitsarten; $q \in Q_i$) in den Perioden nach dem Ende der Anwesenheitszeit ($s' = s + \overline{A}_i, s + \overline{A}_i + 1, \dots, S$) symbolisieren. Wir addieren die Hilfsvariable, die den Einsatzbeginn in der betrachteten Periode symbolisiert; sie wird mit der Zahl der erfaßten Personaleinsatzvariablen $(S - (s + \overline{A}_i) + 1) \cdot \#Q_i$ multipliziert. Gleichfalls wird die rechte Ungleichungsseite auf den selben Wert beschränkt, alle erfaßten Personaleinsatzvariablen nehmen den Wert 0 an, sobald u_{is} den Wert 1 erhält. Für eine beliebige Arbeitskraft i , welche die Tätigkeitsarten $q = 1$ und 2 ausführen kann ($\#Q_i = 2$), eine Arbeitszeitdauer von $\overline{AZ}_i = 14$ ($\overline{A}_i = 15$), die Betriebszeitdauer von $S = 20$ und die Beginnzeitpunkte $s = 3$ und 4 lautet sie ausformuliert wie folgt:

$$s = 3: \quad 6 \cdot u_{i3} + PE_{i1}^{18} + PE_{i2}^{18} + PE_{i1}^{19} + PE_{i2}^{19} + PE_{i1}^{20} + PE_{i2}^{20} \leq 6$$

$$s = 4: \quad 4 \cdot u_{i4} + PE_{i1}^{19} + PE_{i2}^{19} + PE_{i1}^{20} + PE_{i2}^{20} \leq 4$$

Erläuterung zum Gewährleisten der zulässigen Pausenlage

Der rechtlich zulässige Lagekorridor der Pause wird - wie in Modell S1 - vom Einsatzbeginnzeitpunkt (s), der Anwesenheitsdauer (\overline{A}_i) und der maximal zulässigen zusammenhängenden Arbeitszeitdauer (\overline{AD}^{\max}) bestimmt. Innerhalb dieses Korridors müssen in einer Periode alle (qualitativ differenzierten) Personaleinsatzvariablen den die Pause symbolisierenden Wert 0 annehmen, wenn der Einsatz der betrachteten Arbeitskraft in Periode s beginnt. Restriktion (SQ.7) stellt dies wie folgt sicher:

⁹⁰ Erinnern wir uns Kap. 4.1.2, erkennen wir die Struktur der Abbildungssituation 2

$$\begin{aligned}
 & \sum_{s' = s + \bar{A}_i - 1 - \bar{AD}^{\max}}^{s + \bar{AD}^{\max}} \sum_{q \in \underline{Q}_i} PE_{iq}^{s'} + u_{is} \leq 2 \cdot \bar{AD}^{\max} - \bar{A}_i + 2 \\
 & \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall s = 1, 2, \dots, S - \bar{A}_i + 1 \quad (SQ.7)
 \end{aligned}$$

In der Summation der linken Ungleichungsseite sind alle Personaleinsatzvariablen erfaßt, die für die gegebene Anwesenheitsdauer und den betrachteten Beginnzeitpunkt im Lagekorridor der zulässigen Pause liegen. Dies sind $(2 \cdot \bar{AD}^{\max} - \bar{A}_i + 2) \cdot \#Q_i$ Variablen. Zu diesen ist die Hilfsvariable, die den Einsatzbeginn in der betrachteten Periode symbolisiert, addiert. Die rechte Ungleichungsseite ist auf die Zahl der erfaßten Perioden, in denen die Pause liegen kann, begrenzt. Dadurch nehmen bei einem Einsatzbeginn in Periode s ($u_{is} = 1$) - im Zusammenspiel mit (SQ.2), welche pro Arbeitskraft und Periode maximal einen Einsatz erlaubt - (mindestens) in einer der erfaßten Perioden alle (qualitativ differenzierten) Personaleinsatzvariablen den Wert 0 an; die Pause ist gewährleistet⁹¹. Die Vorschriften des Allquantors garantieren, daß die zulässige Lage der Pause für jede Arbeitskraft ($\forall i = 1, 2, \dots, I$) und für jeden arbeitskraftspezifisch möglichen Einsatzbeginnzeitpunkt ($\forall s = 1, 2, \dots, S - \bar{A}_i + 1$) gewährleistet wird. Für eine beliebige Arbeitskraft i , welche die Tätigkeitsarten $q = 1$ und 2 ausführen kann ($\#Q_i = 2$), eine Arbeitszeitdauer von $\bar{AZ}_i = 15$ ($\bar{A}_i = 16$), einer maximal zulässigen zusammenhängenden Arbeitszeitdauer von $\bar{AD}^{\max} = 12$ und die Beginnzeitpunkte $s = 1, 2$ lautet die ausformulierte Restriktion wie folgt:

$$\begin{aligned}
 s = 1: & PE_{i1}^4 + PE_{i1}^5 + PE_{i1}^6 + PE_{i1}^7 + PE_{i1}^8 + PE_{i1}^9 + PE_{i1}^{10} + PE_{i1}^{11} + PE_{i1}^{12} + PE_{i1}^{13} + \\
 & PE_{i2}^4 + PE_{i2}^5 + PE_{i2}^6 + PE_{i2}^7 + PE_{i2}^8 + PE_{i2}^9 + PE_{i2}^{10} + PE_{i2}^{11} + PE_{i2}^{12} + PE_{i2}^{13} + u_{i1} \leq 10 \\
 s = 2: & PE_{i1}^5 + PE_{i1}^6 + PE_{i1}^7 + PE_{i1}^8 + PE_{i1}^9 + PE_{i1}^{10} + PE_{i1}^{11} + PE_{i1}^{12} + PE_{i1}^{13} + PE_{i1}^{14} + \\
 & PE_{i2}^5 + PE_{i2}^6 + PE_{i2}^7 + PE_{i2}^8 + PE_{i2}^9 + PE_{i2}^{10} + PE_{i2}^{11} + PE_{i2}^{12} + PE_{i2}^{13} + PE_{i2}^{14} + u_{i1} \leq 10
 \end{aligned}$$

PRAXISBEISPIEL

Zur Darstellung der Wirkungsweise des Modells greifen wir auf das Beispiel von S1 zurück und ergänzen bzw. modifizieren es: wir betrachten weiterhin das Kaufhaus mit einer zehnstündigen Betriebszeit ($S = 20$), planen aber eine Abteilung, deren Personalbedarf nach zwei Tätigkeitsarten ($q = 1$ Verkaufen, $q = 2$ Kassieren) zu differenzieren ist. Zur Erfüllung dieser Tätigkeitsarten stehen dem Kaufhaus Arbeitskräfte folgender Qualifikationen zur Verfügung: drei Arbeitskräfte der Qualifikation 1, sie können nur verkaufen ($i = 1, 2, 3; Q_1 = Q_2 = Q_3 = \{1\}$); zwei Arbeitskräfte der Qualifikation 2, sie

⁹¹ Im Zusammenhang mit (SQ.3) und den Lagerrestriktionen (SQ.4), (SQ.6) wirkt diese Mindest- zugleich als Höchstbedingung. Vgl. für eine ausführlichere Erläuterung der (temporalen) Wirkungsweise der Restriktion die Erläuterungen zu (S1.6) in Kap. 4.2.2.2.

können nur kassieren ($i = 4, 5; Q_4 = Q_5 = \{2\}$) und zwei Arbeitskräfte der Qualifikation 3, welche sowohl im Verkauf als auch an der Kasse eingesetzt werden können ($i = 6, 7; Q_6 = Q_7 = \{1, 2\}$). Alle Arbeitskräfte stellen siebeneinhalb Stunden ($\bar{A}Z_i = 15, \bar{A}_i = 16$, Beginnzeitpunkte: $s = 1, 2, \dots, 5$) Arbeitszeit zur Verfügung, ihnen steht eine halbe Stunde Pause zu. Abbildung 27 zeigt die Präferenzen der Arbeitskräfte für die Lage ihrer Arbeits- und Pausenzeit, die grau schattierten Felder markieren die Perioden, die nicht als Beginnzeitpunkte vorgesehen werden können. Anhang 3 zeigt das ausformulierte Modell, Abbildung 28 den nach Tätigkeitsarten differenzierten Personalbedarf sowie den Einsatzplan der Lösung. Dort markieren die grau schattierten Felder die Tätigkeitsarten, die die betrachtete Arbeitskraft nicht ausüben kann. Der Wert der Zielfunktion ist 5.

Abb. 27: Präferenzwerte der Arbeitskräfte für Modell SQ

s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
i=1	5	3	1								-1	-1	-1	-1						
i=2		5	3	1			-1	-1	-1	-1										
i=3			5	3	1								-1	-1	-1	-1				
i=4	1	3	5						-1	-1	-1	-1								
i=5		1	3	5								-1	-1	-1	-1					
i=6			1	3	5												-1	-1	-1	-1
i=7	5	3	1			-1	-1	-1	-1											

Abb. 28: Einsatzplan mit optimierten Beginnzeitpunkten und Pausenlagen für gegebene Arbeitszeitdauern bei Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten (Modelllösung SQ)

s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PB _i	2	2	2	3	3	4	4	4	3	3	4	4	4	3	3	2	2	2	1	1
PB _i	1	1	1	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2	3	2	2	2	1	1
i=1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	-	-	-	-
i=2	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-
i=3	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x
i=4	-	-	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-
i=5	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	-
i=6	-	-	-	-	-	x	x	x	-	x	x	x	x	x	-	x	-	x	x	-
i=7	-	x	-	x	x	x	x	-	x	-	x	x	-	x	-	x	x	-	-	-
AQ	-	-	-	1	-	2	1	-	-	-	2	1	-	-	-	1	-	2	-	-

Die Arbeitskräfte arbeiten alle während der (von ihnen) vorgegebenen Arbeitszeitdauer, in keinem Fall mehr als fünfeinhalb zusammenhängende Stunden. Die doppelqualifizierten Arbeitskräfte wechseln mehrfach ihre Tätigkeit, sie erhalten in $s = 16$ bzw. $s = 7$ eine Pause. Sechs der sieben Arbeitskräfte konnten von ihnen präferierte Arbeits-

zeitlagen zugewiesen werden, alle sieben erhalten eine Pause im Rahmen ihrer Präferenz. Die Personalüberausstattung beträgt fünfeinhalb Stunden. Sie verteilt sich auf die Perioden $s = 3, 5, 6, 10, 11, 14, 16$ und 19 . Sie könnte durch eine Variation der Arbeitszeitdauer reduziert werden⁹².

4.3. Anwendungsfall days-off-scheduling: tagesbezogene Arbeitszeit für ein- und mehrwöchige Planungszeiträume

4.3.1. Prämissen der Modellformulierung

4.3.1.1. Strukturierung des Planungszeitraums

Im Anwendungsfall days-off-scheduling planen wir die Dauer und die Lage von Arbeits- und Freizeittagen innerhalb einer bzw. mehrerer Wochen. Die Arbeits- und Freizeittage stehen in einem dichotomen Verhältnis⁹³; Fehltag in Folge von z.B. Krankheit, (Sonder-)Urlaub oder Weiterbildung werden nicht berücksichtigt. Wir können dadurch die gegenüber der Arbeitszeit i.d.R. kürzere Dauer der Freizeit und damit ihre geringere Variationsmöglichkeit planen. Die Dauer und Lage der Arbeitstage leiten wir als Komplement der Freizeittage ab⁹⁴. Bzgl. der rechtlichen Regelungen greifen wir auf die in Kapitel 3.3 abgeleiteten Abbildungserfordernisse zurück und überführen diese für die Annahme einer siebentägigen Betriebszeitdauer in planungsrelevante Arbeitszeitformen. Den Planungszeitraum differenzieren wir nach der Art der Personalbedarfsschwankung sowie den Eigenschaften der Arbeitskräfte in die Fälle „standardisierte“ und „explizite Woche(n)“. Abbildung 29 gibt dazu einen Überblick.

In der Kopfzeile erfassen wir, daß die täglichen Schwankungen eines gegebenen Personalbedarfs innerhalb einer oder mehrerer Woche(n) eine regelmäßige (zyklische Schwankungen) oder unregelmäßige (nicht-zyklische Schwankungen) Struktur aufwei-

⁹² Bei Betrachtung offener statt gegebener Arbeitszeitdauern greifen wir auf Modell S1a zurück und modifizieren dieses wie folgt: (S1a.Z), (S1a.3), (S1a.5), (S1a.6) übernehmen wir unverändert, sie enthalten keine Personaleinsatzvariablen. Statt (S1a.1) übernehmen wir (SQ.1), wir ergänzen (SQ.2) und modifizieren (S1a.2), (S1a.4) durch die zusätzliche Indizierung der Personaleinsatzvariablen mit q und die Summation der Personaleinsatzvariablen über alle Tätigkeitsarten, die eine Arbeitskraft ausüben kann. In (S1a.7), (S1a.8) ergänzen wir - ähnlich der Formulierung von (SQ.6), (SQ.7) - die Personaleinsatzvariable um den Index q , die Summation über alle Tätigkeitsarten sowie die Mächtigkeit der Menge Q_i im Multiplikator und auf der rechten Ungleichungsseite.

⁹³ Die Dichotomie drückt sich wie folgt aus: liegt ein Arbeitstag (Freizeittag) vor, so kann kein Freizeittag (Arbeitstag) vorliegen.

⁹⁴ Vgl. zur Planung von Freizeit- statt Arbeitstagen auch BAKER (1974), S. 1561 - 1568; BARTHOLDI/RATLIFF (1978), S. 850 - 858; BAKER/BURNS/CARTER (1979), S. 286f. Auch im shift-scheduling planen wir mit der Arbeitszeit das Objekt der geringeren Variationsmöglichkeit. Die Freizeit konnten wir als Differenz zum 24-Stunden-Tag ableiten

sen können⁹⁵. In der Kopfspalte differenzieren wir die Arbeitskräfte nach homogenen oder heterogenen Eigenschaften; diese beziehen sich auf Arbeitszeitpräferenzen, -restriktionen und tätigkeitsbezogene Qualifikationen. Das resultierende Vierfelderschema weist die unterschiedlichen Planungszeiträume aus. Sind diese durch nicht-zyklische Personalbedarfsschwankungen oder durch Arbeitskräfte mit heterogenen Eigenschaften gekennzeichnet, sprechen wir von „expliziten Wochen“. Schwankt der Personalbedarf über eine oder mehrere Wochen zyklisch und liegen bei den Arbeitskräften homogene Arbeitszeitpräferenzen, -restriktionen und Qualifikationen vor⁹⁶, sprechen wir von „standardisierten Wochen“ (grau schattiert).

Abb. 29: Planungszeitraum „Woche(n)“, differenziert nach der Art der Personalbedarfsschwankungen sowie den Arbeitskräfteeigenschaften

Arbeitskräfteeigenschaften \ Personalbedarfsschwankungen	zyklisch	nicht-zyklisch
homogen	Standardisierte Woche(n)	Explizite Woche(n)
heterogen	Explizite Woche(n)	Explizite Woche(n)

Bei der Planung „expliziter Wochen“ weist die Lösung der Modelle für die Zahl der geplanten Wochen individuelle Einsatzpläne aus. Diese können zwischen den Arbeitskräften nicht getauscht werden. Bei der Planung „standardisierter Wochen“ können wir den Planungszeitraum auf die Woche(n) beschränken, innerhalb derer der Zyklus der Personalbedarfsschwankungen abgeschlossen ist. Die Einsatzpläne der Lösung können aufgrund der homogenen Arbeitskräfteeigenschaften zu einem einen größeren Zeitraum umfassenden Gesamteinsatzplan zusammengesetzt werden. Abbildung 30 zeigt dies für den Planungszeitraum einer „standardisierten Woche“⁹⁷ und einer Personalausstattung von drei Arbeitskräften ($I = 3$).

-
- ⁹⁵ Zyklische Schwankungen einer Woche können z.B. an Werktagen einen anderen Personalbedarf als an Wochenendtagen, zyklische Schwankungen über mehrere Wochen eine regelmäßige Personalbedarfsstruktur z.B. innerhalb eines Monats vorsehen. In der Folgewoche/im Folgemonat liegen dann die gleichen Personalbedarfe vor.
- ⁹⁶ Z.B. ziehen alle Arbeitskräfte drei zusammenhängende Freizeittage zwei zusammenhängenden Freizeittagen vor, alle Arbeitskräfte präferieren arbeitsfreie Sonntage, keine Arbeitskraft weigert sich, z.B. sechs zusammenhängende Tage am Stück zu arbeiten; alle Arbeitskräfte sind in der Lage, die betrachtete(n) Tätigkeitsart(en) gleich gut auszuführen
- ⁹⁷ Die Begrenzung der zyklischen Schwankungen auf eine Woche dient der Vereinfachung. Die folgenden Ausführungen können stets auch auf zyklische Schwankungen über einen Zeitraum mehrerer Wochen übertragen werden

Abb. 30: Zusammenhang von Planungswoche und Gesamteinsatzplan

Planung einer Woche								Gesamteinsatzplan																							
Woche								1. Woche							2. Woche							3. Woche									
t	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7			
i=1																															
i=2																															
i=3																															

Der linke Abschnitt der Abbildung zeigt den geplanten Zeitraum einer Sieben-Tage-Woche sowie die individuellen Wocheneinsatzpläne für drei Arbeitskräfte ($i = 1, i = 2, i = 3$; unterschiedliche Grauschattierung). Der rechte Abschnitt der Abbildung zeigt den aus der Modelllösung abgeleiteten Gesamteinsatzplan. Er entstand durch folgende Aneinanderreihung der grauschattierten Einsatzpläne: Arbeitskraft $i = 1$ arbeitet in der ersten Woche nach dem für sie geplanten Einsatzplan (hellgraue Schraffur), in der zweiten Woche arbeitet sie nach dem Plan für $i = 2$ (mittelgraue Schraffur) und in der dritten Woche nach dem Einsatzplan, der für $i = 3$ geplant wurde (dunkelgraue Schraffur). Arbeitskraft $i = 2$ arbeitet in der ersten Woche nach dem für sie ausgewiesenen Einsatzplan, in der zweiten Woche nach dem Plan von $i = 3$ und in der dritten Woche nach dem Einsatzplan von $i = 1$. Für Arbeitskraft $i = 3$ erfolgt die Aneinanderreihung der Wochenpläne entsprechend; nach dem Ende der dritten Woche beginnt die Einsatzreihenfolge von vorne⁹⁸. Der resultierende Gesamteinsatzplan gewährleistet, daß in jeder Woche alle drei Wochenpläne zur Personalbedarfsdeckung vorliegen. Es erfolgt innerhalb des betrachteten (dreiwöchigen) Zeitraums eine Gleichbehandlung der Arbeitskräfte. Die Länge des Gesamteinsatzplanes hängt von der Zahl der zu planenden Wochen und von der Zahl der zu planenden Arbeitskräfte ab: liegt ein einwöchiger Planungszeitraum vor und sind drei Arbeitskräfte zu planen, umfaßt der Gesamteinsatzplan drei Wochen, bei vier Arbeitskräften umfaßt er vier Wochen⁹⁹.

Die Betrachtung „standardisierter“ statt „expliziter Woche(n)“ erlaubt, einen gleich langen Zeitraum (im Bsp. drei Wochen) mit einer erheblich geringeren Variablen- und Restriktionenzahl zu planen. Um diesen Vorteil nutzen zu können, müssen in der Modellformulierung folgende Bedingungen für ein zulässiges Zusammenfügen der Wocheneinsatzpläne berücksichtigt werden: in der zeitlichen Dimension muß wochenübergreifend die Folge der Tage ($t = 1, 2, \dots, 7$; „temporaler Zyklus“), in der Arbeitskräftedimension die Folge der Arbeitskräfte, deren Einsatzpläne aneinander zu reihen

⁹⁸ Vgl. zu diesem Vorgehen auch SMITH (1976), S. 53; BURNS/KOOP (1987), S. 101; BAXTER/MOSBY (1988), S. 537.

⁹⁹ Die Länge des Gesamteinsatzplanes ergibt sich aus der Multiplikation der Anzahl geplanter Wochen mit der Anzahl geplanter Arbeitskräfte. Bei zyklischen Personalbedarfsschwankungen über zwei Wochen würde bei der Planung von z.B. vier Arbeitskräften ein Gesamteinsatzplan über acht Wochen entstehen.

sind ($i = 1, 2, \dots, I$; „Arbeitskräftezyklus“), abgebildet werden. Mit dem „temporalen Zyklus“¹⁰⁰ erfassen wir, daß dem Sonntag einer Woche ($t = 7$) der Montag der nächsten Woche ($t = 1$) folgt. Dies ist notwendig, um die Regelungen des Arbeitszeitrechts für die wochenübergreifende Zahl zusammenhängender Arbeitstage¹⁰¹ oder die Gewährung wochenendnaher Freizeittage abbilden zu können¹⁰². Mit dem „Arbeitskräftezyklus“ erfassen wir, daß die Arbeitskräfte zunächst nach ihrem eigenen, dann (in aufsteigender Reihenfolge) nach dem Einsatzplan der folgenden Arbeitskräfte eingesetzt werden; dem Einsatzplan der „letzten Arbeitskraft“ folgt der Einsatzplan der ersten. Wir erreichen, daß nach dem Zusammenfügen der individuellen Wochen-einsatzpläne die wochenübergreifenden rechtlichen Regelungen korrekt abgebildet sind. Abbildung 31 verdeutlicht die Wirkung der beiden Zyklen für den Fall, daß Arbeitskraft $i = 1$ am Sonntag der ersten Woche eine dreitägige Freizeit beginnt und maximal sechs zusammenhängende Arbeitstage eingeplant werden dürfen. Bei der Planung nur einer Woche darf dann im Einsatzplan der Arbeitskraft $i = 2$ für Montag und Dienstag kein Einsatz vorgesehen werden, während spätestens am Dienstag des Einsatzplans von $i = 3$ eine weitere Freizeit vorgesehen werden muß. Die Erläuterungen zu Abbildung 31 entsprechen denen zu Abbildung 30.

Abb. 31: Wirkung des „Arbeitskräftezyklus“ in der Planungswoche und im Gesamteinsatzplan der ersten Arbeitskraft

Planung einer Woche								Gesamteinsatzplan																					
Woche								1. Woche							2. Woche							3. Woche							
t	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
i=1							-																						
i=2	-	-																											
i=3																													

„-“ bedeutet: Freizeittag

¹⁰⁰ Dieser Zyklus ist auch bei der Planung „expliziter Wochen“ relevant.

¹⁰¹ Wir denken z.B. an eine Arbeitskraft, die von Mittwoch bis Sonntag arbeitet. Bei der Vorgabe von maximal sechs zusammenhängenden Arbeitstagen muß der Arbeitskraft in der Folgewoche spätestens am Dienstag einen Freizeittag erhalten. Der Zusammenhang zwischen den Tagen Mittwoch bis Sonntag der einen und Montag bzw. Dienstag der folgenden Woche ist im Modell zu erfassen.

¹⁰² Wir denken z.B. an die Gewährung einer an einem Sonntag beginnenden dreitägigen Freizeit. In der dem Sonntag folgenden Woche ist zu berücksichtigen, daß die entsprechende Arbeitskraft montags und dienstags nicht eingesetzt werden kann. Im Modell ist der Zusammenhang zwischen der letzten Periode der betrachteten Woche und den ersten Perioden der Folgewoche abzubilden.

4.3.1.2. Differenzierung der Arbeitszeitformen

Die Ausführungen in Kapitel 3.3 ergaben für die Struktur der Arbeits- und Freizeittage u.a. Mindest- und Höchstwerte für die Zahl zusammenhängender Arbeitstage, Begrenzungen der Zahl zusammenhängender Freizeittage sowie kollektive Arbeitszeitwünsche, die sich auf die (wochenendnahe) Lage zusammenhängender Freizeittage beziehen. Aus diesen Vorgaben bilden wir zwei Gruppen von Arbeitszeitformen, welche wir wie folgt umschreiben:

1. Arbeitszeitformen, deren Zahl zusammenhängender Arbeitstage nur einer Höchstgrenze unterliegt. Das Gewähren einzelner Arbeitstage ist möglich. Für die Lage der Freizeittage gilt, daß möglichst viele zusammenhängende Freizeittage gewährt werden sollen; das Aneinanderreihen einzelner Freizeittage wird präferiert. Die (maximale) Dauer zusammenhängender Freizeittage ist nicht explizit vorgegeben, sie kann nach oben begrenzt werden.
2. Arbeitszeitformen, deren Zahl zusammenhängender Arbeitstage sowohl einer Unter- als auch einer Obergrenze unterliegt. Das Gewähren einzelner Arbeitstage ist nur möglich, wenn dies explizit vorgesehen ist. Die Dauer zusammenhängender Freizeittage ist explizit vorzugeben (Betrachtung von Freizeitblöcken). Die Präferenzen bzgl. der Freizeittage können sich auf unterschiedliche Freizeitdauern und -lagen beziehen¹⁰³.

Für beide Arbeitszeitformen werden wir unter der Annahme einer Betriebszeitdauer von sieben Tagen pro Woche je eigene Modelltypen formulieren (vgl. Modell D2 (D5) in Kapitel 4.3.2.2 (4.3.3.3) und Modell D3 (D6) in Kapitel 4.3.2.3 (4.3.3.3)). Betriebszeitdauern einer Sechs-Tage-Woche, welche zwar regelmäßige Samstagsarbeit aber keine Sonn- und Feiertagsarbeit vorsehen¹⁰⁴ sowie Betriebszeitdauern ohne regelmäßige Samstags-, Sonn- und Feiertagsarbeit werden aufgrund ihrer geringeren Flexibilitätsspielräume nicht verfolgt. Mit der Beschränkung auf Planungsfälle einer Sieben-Tage-Woche können praxisrelevante Fälle folgender Bereiche abgebildet werden: in gewerblichen Betrieben die Personaleinsatzproblematik der vollkontinuierlichen Produktion (z.B. Chip-Fertigung, Automobilproduktion), in Betrieben der Dienstleistungsbranche die Personaleinsatzproblematik von Sport- und Freizeiteinrichtungen (Schwimmbäder, Fitnesscenter, Bräunungsstudios, Freizeitparks), von Hotellerie und Gaststätten (incl. Fast-Food-Ketten), von Apotheken, Tankstellen und Verkaufsstätten/Servicecentern an Bahnhöfen und Flughäfen¹⁰⁵ (incl. des Check-In und der Gepäckab-

¹⁰³ Z.B. können zwei Freizeitblöcke zu je zwei Tagen der Kombination eines dreitägigen mit einem eintägigen Freizeitblock vorgezogen werden. Dies kann bei den Arbeitszeitformen der ersten Gruppe, bei welchen eine größere Zahl zusammenhängender Freizeittage stets einer kleineren vorgezogen wird, nicht erfaßt werden.

¹⁰⁴ Zu denken ist z.B. an Betriebe des Einzelhandels.

¹⁰⁵ Vgl. exemplarisch §4 (1) LadenschlußG „Abweichend von den Vorschriften des §3 dürfen Apotheken an allen Tagen während des ganzen Tages geöffnet sein.“ Die §§6 (1), 8 (1), 9 (1) La-

fertigung), von Verkaufsstätten in Kurstädten während der Kursaison¹⁰⁶ sowie allgemein von Verkaufsstätten des Einzelhandels der europäischen Nachbarländer. Die betrachtete Datenstruktur sieht an den Wochenenden einen höheren Personalbedarf als an Werktagen vor (typische Fälle des Dienstleistungsbereichs). Wir können dadurch in den meisten Fällen der Planungssituation „standardisierte Woche“ auf eine explizite Formulierung der Forderung nach regelmäßig verteilten freien Wochenenden verzichten¹⁰⁷.

4.3.2. Planungsmodelle bei Bereitstellungs- und Verwendungseindeutigkeit

4.3.2.1. Niveaubestimmung der Personalausstattung

Die Abbildung der analysierten arbeitszeitrechtlichen Regelungen flexibler Arbeitszeiten bezieht sich primär auf die (individuelle) Personaleinsatzplanung; wir betrachten in den Modellen des days-off-scheduling die Personalausstattung als gegebene Größe. Dennoch wollen wir es nicht versäumen, die - auf kollektiver Ebene vorzunehmende - Bestimmung der Personalausstattung zu diskutieren. Dazu formulieren wir ein Modell, in welchem wir in der Zielfunktion die Personalbereitstellungskosten minimieren und im Restriktionsraum die Deckung des Personalbedarfs, die Gewährung einer Mindestzahl (mehrtägiger) Freizeitblöcke sowie die Nichtnegativität und Ganzzahligkeit der Variablen fordern. Durch die Berücksichtigung mehrtägiger Freizeitblöcke (statt einzelner Freizeittage) erhöhen wir die Chance, ein Personalausstattungs-niveau zu erhalten, auf dessen Basis in der folgenden Einsatzplanung, welche sich durch zusätzliche Arbeitszeitrestriktionen auszeichnet, zusammenhängende Freizeittage gewährt werden können¹⁰⁸. Für die Modellformulierung führen wir folgende neue Symbole ein:

denschlußG regeln den gleichen Sachverhalt für Tankstellen, für Verkaufsstellen auf Personenbahnhöfen von Eisenbahnen und Magnetschwebebahnen sowie auf Flughäfen.

¹⁰⁶ Nach §10 LadenschlußG können in Kur- und Erholungsorten für den Bereich des Verkaufs aufgrund von Rechtsverordnungen der Landesregierungen ausgewählte Waren an „jährlich höchstens vierzig Sonn- und Feiertagen bis zur Dauer von acht Stunden, ... sonnabends bis spätestens zwanzig Uhr“ verkauft werden. Vgl. bzgl. eines Abdrucks der von den Landesregierungen erlassenen Rechtsverordnungen NEUMANN (1997), S. 54 - 174.

¹⁰⁷ Ist anders der Personalbedarf an Wochenendtagen geringer als an Werktagen, kann eine Gleichverteilung freier Wochenenden durch z.B. folgende - explizit zu formulierende - Restriktion gewährt werden: „WENN der Samstag (Sonntag) der ersten Woche ein Freizeittag ist, DANN muß der Samstag (Sonntag) der dritten Woche ebenfalls frei sein.“ Die Notwendigkeit der Einführung einer solchen Restriktion ist situativ zu prüfen.

¹⁰⁸ Wir wählen ein sukzessives Planungsvorgehen. Dessen Vorteil liegt in der Zerlegung des Planungsproblems in einzelne Modelle sowie in der Reduktion des Planungsaufwands derselben. Es kann nachteilig zu Situationen führen, in denen die stärker restringierten Folgemodelle der Personaleinsatzplanung zu keiner zulässigen Lösung führen. In solchen Fällen ist eine kostenverursachende Erhöhung der Personalausstattung mit der Notwendigkeit/Nützlichkeit der abzubilden-

Datum

\bar{f}^{\max} := Anzahl Freizeittage des längsten Freizeitblockes

\bar{f}_z := Anzahl Freizeittage pro Freizeitblock der Art z

\overline{PB}_t := Personalbedarf in Periode t (t ist ein Tag)

Variablen

FT^{zt} := Anzahl zu gewählender Freizeitblöcke der Art z, die in Periode t beginnen

PA := Anzahl bereitzustellender Arbeitskräfte

Koeffizienten

Φ := Personalkosten pro bereitzustellender Arbeitskraft

\overline{W} := Anzahl zu planender Wochen

Index

$z = 1, 2, \dots, Z$:= Index zur Kennzeichnung von Freizeitblöcken, bestimmt durch die Anzahl der zusammenhängenden Freizeittage

MODELLFORMULIERUNG

Zielfunktion

$$\Phi \cdot PA = \min \quad (D1.Z)$$

Deckung des Personalbedarfs

$$\overline{PB}_t \leq PA - \sum_{z=1}^Z \left(\sum_{t'=\max\{1, t-\bar{f}_z+1\}}^t FT^{zt'} + \sum_{t'=t+T-\bar{f}_z+1}^T FT^{zt'} \right) \quad \forall t = 1, 2, \dots, \bar{f}^{\max}-1 \quad (D1.1a)$$

$$\overline{PB}_t \leq PA - \sum_{z=1}^Z \sum_{t'=t-\bar{f}_z+1}^t FT^{zt'} \quad \forall t = \bar{f}^{\max}, \bar{f}^{\max}+1, \dots, T \quad (D1.1b)$$

Gewährung einer Mindestzahl (mehrtägiger) Freizeitblöcke

$$\sum_{z=1}^Z \sum_{t=1}^T FT^{zt} \geq \overline{W} \cdot PA \quad (D1.2)$$

Nichtnegativitäts- und Ganzzahligkeitsbedingung

$$FT^{zt}, PA \geq 0 \text{ und ganzzahlig} \quad \forall \text{ rel. } z, t$$

den Arbeitszeitregelungen abzuwägen. Vgl. bzgl. einer Analyse der Wirkung zusammenhängend zu gewählender Freizeittage auf das Niveau der Personalausstattung VOHRA (1987).

ERLÄUTERUNGEN ZU MODELL D1

Die Zielfunktion zur Minimierung der Personalbereitstellungskosten ist selbsterklärend. Ebenso bedarf Restriktion (D1.2) keiner ausführlichen Erläuterung. Sie sichert bei der Vorgabe mindestens zweitägiger Freizeitblöcke eine durchschnittlich maximal fünf Tage umfassende Arbeitswoche.

Erläuterung zur Deckung des Personalbedarfs

Der tägliche Personalbedarf ist mit der Zahl bereitzustellender Arbeitskräfte (mindestens) zu decken. Die Bereitstellungsseite mildernd muß berücksichtigt werden, daß sich zu unterschiedlichen Tagen (t) einige der Arbeitskräfte in Freizeit befinden. Die Anzahl dieser sich in Freizeit befindender Arbeitskräfte erfassen wir anhand der durch ihre Dauer unterschiedenen Freizeitblöcke (z)¹⁰⁹ und anhand der Beginnzeitpunkte derselben (t'): wir summieren alle Freizeitblöcke, die in der betrachteten Periode (t) beginnen ($t' = t$) oder in vorherigen Perioden begonnen haben und aufgrund ihrer Dauer in t keinen Einsatz im Leistungsprozeß zulassen ($t' = t - \bar{f}_z + 1$)¹¹⁰. Die Maximumbedingung der ersten Summationsuntergrenze von (D1.1a) verhindert, daß der Index t' (nicht definierte) negative Werte annimmt¹¹¹. Der dritte Term in (D1.1a) sichert, daß bereits in den ersten Perioden der zu planenden Woche die Freizeitblöcke berücksichtigt werden, die in „vorherigen“ Perioden begonnen haben und in der betrachteten Periode noch einen Freizeittag vorsehen. Er ist Folge des „temporalen Zyklus“, wir wollen dessen Wirkung anhand von Abbildung 32 demonstrieren.

Abb. 32: Visualisierung der Lage von zwei- und dreitägigen Freizeitblöcken

	t'	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	
$f_1=2$	1	■	■						.....	.....				
	2		■	■	■					.....	.....			
	...															
	6							■	■							
	7								■	■	■				.....
															
															
$f_2=3$	1	■	■	■	■				.....	.....	.....		
	2		■	■	■	■				.....	.....	.....	
	...															
	6							■	■	■						
	7								■	■	■	■			.....
															
															

¹⁰⁹ Z.B. zwei- und dreitägige Freizeiten, es ist die Chronometrie der Arbeits-/Freizeit erfaßt

¹¹⁰ Es wird die Chronologie der Arbeits-/Freizeit erfaßt. Vgl. bzgl. ähnlicher Summationsgrenzen die Abbildung der Personaleinsatzalternative „Schulung-off-the-job“ (während derer die Arbeitskräfte nicht im Leistungsprozeß verfügbar sind) KOSSBIEL (1991), S. 255 - 257.

¹¹¹ Diese Maximumbedingung ist in (D1.1b) irrelevant, da deren Summationsuntergrenze keine Werte kleiner 1 annehmen kann (ist $\bar{f}^{\max} = 3$, so ist $t' = 3 - 3 + 1 = 1$ der niedrigste Wert der Summationsuntergrenze in (D1.1b)).

Die Kopfzeile zeigt die Perioden zweier (standardisierter) Wochen, die Kopfspalte ausgewählte Freizeitbeginnzeitpunkte. Zeilenweise ist grau schattiert die Dauer und die Lage mehrtägiger Freizeitblöcke abgebildet. Die kursiv gedruckte (rechte) Woche symbolisiert die betrachtete Woche; sie dient der Verdeutlichung, daß gegen Wochenende gewährte Freizeitblöcke für die Folgeweche bereits Freizeittage fixieren. Dementsprechend muß aus Sicht der kursiv gedruckten Woche in Periode $t = 1$ der Beginn eines zweitägigen Freizeitblockes in $t = 7$ der Vorwoche berücksichtigt werden. Für Freizeitblöcke dreitägiger Dauer müssen in $t = 1$ der kursiv gedruckten Woche die Freizeitbeginnzeitpunkte $t = 6$ und 7 der Vorwoche und in $t = 2$ der Freizeitbeginn in $t = 7$ der Vorwoche berücksichtigt werden. In (D1.1a) erfaßten wir diese Zusammenhänge durch die zweite Summation über $t + T - \bar{f}_z + 1, \dots, T$. Abbildung 32 zeigt im weiteren, daß die spezielle Berücksichtigung der Folgen des „temporalen Zyklus“ bis zu der Periode relevant ist, die aufgrund des spätesten Beginnzeitpunktes der vorherigen Woche ($t = 7$) beim längsten Freizeitblock ($\bar{f}^{\max} = 3$) noch als Freizeittag vorgesehen ist ($t = 1, 2, \dots, \bar{f}^{\max} - 1$, hier: $t = 2$)¹¹². Ab der Folgeperiode ($t = \bar{f}^{\max}$) sind nur noch die Freizeitblöcke von Interesse, die in der betrachteten Woche beginnen; wir formulieren Restriktion (D1.1b). Für $t = 1$ und $t = 7$ lautet die Restriktion bei der Betrachtung zwei- und dreitägiger Freizeitblöcke ($z = 1, 2; \bar{f}_1 = 2, \bar{f}_2 = 3$) wie folgt:

$$t = 1: \quad \overline{PB}_1 \leq PA - FT^{11} - FT^{17} - FT^{21} - FT^{26} - FT^{27}$$

$$t = 7: \quad \overline{PB}_7 \leq PA - FT^{16} - FT^{17} - FT^{25} - FT^{26} - FT^{27}$$

PRAXISBEISPIEL

Folgendes Beispiel verdeutlicht die Wirkungsweise des Modells. Betrachtet sei ein Schwimmbad, das an sieben Tagen der Woche geöffnet hat ($t = 1, 2, \dots, 7$). Für den Bereich der Beckenaufsicht wurde ein werktäglicher Personalbedarf von drei ($\overline{PB}_1 = \overline{PB}_2 = \dots = \overline{PB}_5 = 3$), an den Wochenenden ein Bedarf von vier Arbeitskräften ($\overline{PB}_6 = \overline{PB}_7 = 4$) bestimmt. Die Betriebsleitung erstrebt die kostenminimale Personalausstattung, möchte aber grundsätzlich zusammenhängende Freizeittage von zwei- oder dreitägiger Dauer gewähren ($z = 1, 2; \bar{f}_1 = 2, \bar{f}_2 = 3$). Aufgrund angenommener homogener Arbeitnehmereigenschaften und zyklischer Personalbedarfsschwankungen liegt die Planungssituation „standardisierte Woche“ vor. Die Modellösung weist eine Personalausstattung von fünf Arbeitskräften und die Zuweisung der Freizeitblöcke $FT^{11}, FT^{12}, FT^{13}, FT^{14}, FT^{15}$ und FT^{17} aus. Abbildung 33 zeigt den aus der Modellösung abgeleiteten Einsatzplan¹¹³. Dieser kann gemäß den Ausführungen zur Ableitung des Gesamteinsatzplanes in Kapitel 4.3.1.1 für jede Folgeweche aneinandergereiht werden.

¹¹² Die Subtraktion des Wertes 1 erfaßt, daß der erste Tag des Freizeitblockes noch in der „Vorwoche“ lag

¹¹³ Formuliert wurde ein Modell des „Impliziten Ansatzes“ ohne Berücksichtigung von Bereitstel-

Abb. 33: Aus der niveaubestimmten Personalausstattung exemplarisch abgeleiteter Einsatzplan (Modelllösung D1)

t	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
PB	3	3	3	3	3	4	4
i = 1	-	-	-	-	x	x	x
i = 2	x	x	x	-	-	x	x
i = 3	x	x	x	x	-	-	x
i = 4	x	x	x	x	x	x	-
i = 5	-	-	-	x	x	x	x

„-“ („x“) bedeutet: Freizeittag (Arbeitstag, d.h. Einsatz im Leistungsprozeß)

In einem abgeleiteten Gesamteinsatzplan arbeiten die Arbeitskräfte nach folgendem Rhythmus: vier freien Tagen (FT¹¹, FT¹³) folgen sechs Arbeitstage, dann zwei freie Tage (FT¹⁴), sechs Arbeitstage, zwei freie Tage (FT¹⁵), sieben Arbeitstage, vier freie Tage (FT¹⁷, FT¹²) und nochmals vier Arbeitstage. In Summe sind dies 23 Arbeits- und 12 Freizeittage pro Arbeitskraft in fünf Wochen.

4.3.2.2. Arbeitszeitformen mit möglichst vielen zusammenhängenden Freizeittagen und einer Höchstzahl zusammenhängender Arbeitstage

Nach der Niveaubestimmung der Personalausstattung (Kollektivplanung) formulieren wir auf der Ebene der Individualplanung reine Personaleinsatzmodelle mit lagebestimmten Arbeits- und Freizeittagen. Dabei betrachten wir zunächst Arbeitszeitformen, die lediglich durch möglichst viele zusammenhängende Freizeittage und eine Höchstzahl zusammenhängender Arbeitstage charakterisiert sind. Wir beschränken uns in der Modellformulierung auf die Entscheidungsvariable „Gewährung einzelner Freizeittage“ (statt -blöcke)¹¹⁴. Die Abbildung der Forderung „möglichst viele zusammenhängende Freizeittage“ erreichen wir durch eine positive Bewertung der Kombination direkt aufeinanderfolgender Freizeittage in der zu maximierenden Zielfunktion. Wochenendnahe zusammenhängende Freizeittage werden zusätzlich mit hohen Präferenzwerten belegt. In der Modellformulierung sind folgende Zusammenhänge abzubilden: in der Zielfunktion sind die (kollektiven) Arbeitszeitpräferenzen der Arbeitnehmer zu maximieren¹¹⁵. Im Restriktionsraum ist der tägliche Personalbedarf mit der verfügba-

lungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten. Die Lösung solcher Modelle weist das Niveau der Personalausstattung aus und garantiert mindestens einen zulässigen Einsatzplan, ohne diesen explizit auszuweisen. Vgl. zur Funktion des „impliziten Ansatzes“ Kap. 1.2.2, ausführlicher KOSSBIEL (1974), S. 14 - 26, (1992b), Sp. 1660f., (1993), Sp. 3130f.

¹¹⁴ Wir werden bei der Formulierung von Modell D3 sehen, daß die Abbildung von Freizeitblöcken unterschiedlicher Dauer zu einem wesentlich komplexeren Modell führt.

¹¹⁵ Vgl. zur Rationalität dieser Zielfunktion die Ausführungen in Kap. 5.1.

ren Personalausstattung, abzüglich der sich in Freizeit befindenden Personen zu decken. Es ist eine Mindestzahl Freizeittage pro Planungszeitraum zu gewähren und die Zahl zusammenhängender Arbeitstage auf (annahmegemäß) maximal sechs zu begrenzen. Da die Modelllösung aufgrund der Struktur der Zielfunktion bestrebt sein wird, möglichst viele zusammenhängende Freizeittage zu gewähren¹¹⁶, muß eine Höchstgrenze wöchentlicher und wochenübergreifender Freizeittage pro Arbeitskraft eingeführt werden. Zusätzlich verlangt die Zielfunktion Definitionsgleichungen für die (bewerteten) Kombinationen von Freizeittagen, der Lösungsalgorithmus Nichtnegativitäts- und die Modellformulierung Ganzzahligkeitsbedingungen. Wir führen folgende neue Symbole ein:

Datum

\bar{F}_{\min} := Mindestzahl Freizeittage pro Arbeitskraft und Woche

\bar{F}_{\max} := maximale Anzahl Freizeittage pro Arbeitskraft und Woche

\bar{g} := maximale Anzahl zusammenhängender Arbeitstage

$\bar{P}\bar{A}$:= Anzahl bereitgestellter Arbeitskräfte

Variable

C_i^y := $\begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ Freizeitkombination } y \text{ zugewiesen wird} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$

Koeffizienten

ΩF^t := (kollektiver) Präferenzwert für einzelne Freizeittage t

ΩKY := (kollektiver) Präferenzwert für die Lage der Freizeitkombination y

Indices/Indexmengen

y = 1, 2, ..., Y := Index zur Kennzeichnung von Freizeitkombinationen (zusammengesetzt aus zwei aufeinander folgenden Freizeittagen)

i* := Index zur Kennzeichnung der Arbeitskraft, deren Wocheneinsatzplan im Gesamteinsatzplan dem Wocheneinsatzplan der Arbeitskraft i direkt folgt¹¹⁷

i** := Index zur Kennzeichnung der Arbeitskraft, deren Wocheneinsatzplan im

¹¹⁶ Vgl. hierzu die Erläuterungen zur Zielfunktion und zur Begrenzung der (wochenübergreifenden) Freizeittage.

¹¹⁷ Vgl. zu dieser Art der Definition von Indices sowie ihrer Nichtberücksichtigung in den Allquantoren der zu formulierenden Restriktionen (vgl. (D2 3), (D2.4c), (D2.4d), (D2 6)) SPENGLER (1998), S. 152, 154 (R2b). Er betrachtet dort Umweltzustände j sowie deren direkte Vorgänger j; wir betrachten Arbeitskräfte i sowie Arbeitskräfte, deren Einsatzpläne der betrachteten Arbeitskraft direkt folgen (i*), als zweites folgen (i**) oder direkt vorauslaufen (i-, vgl. Kap 4.3.2.3).

Gesamteinsatzplan der zweite Wocheneinsatzplan ist, der dem Wocheneinsatzplan der Arbeitskraft i folgt

Y^* := Freizeitkombination, die Freizeittage zweier aufeinander folgender Wocheneinsatzpläne umfaßt ($\underline{T}_{Y^*} = \{T, 1\}$)

\underline{T}_y := Menge der Perioden t (t ist ein Tag), die als Freizeittage die Kombination y definieren

MODELLFORMULIERUNG

Zielfunktion

$$\sum_{i=1}^I \left(\sum_{t=1}^T \Omega F_i^t \cdot FT_i^t + \sum_{y=1}^Y \Omega K_y \cdot C_i^y \right) = \max \quad (D2.Z)$$

Deckung des Personalbedarfs

$$\overline{PB}_t \leq \overline{PA} - \sum_{i=1}^I FT_i^t \quad \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (D2.1)$$

Mindestzahl Freizeittage pro Planungszeitraum

$$\sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T FT_i^t \geq \overline{F}^{\min} \cdot \overline{PA} \quad (D2.2)$$

Begrenzung der Arbeitstage zwischen zwei Freizeittagen

$$FT_i^t \leq \sum_{t'=t+1}^{\min\{T, t+1+\bar{g}\}} FT_i^{t'} + \sum_{t'=1}^{\min\{T, t+1+\bar{g}-T\}} FT_i^{t'} + \sum_{t'=1}^{t+1+\bar{g}-2T} FT_i^{t'} \quad \forall t = 1, 2, \dots, T; \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (D2.3)$$

Definition der zu bewertenden Freizeitkombinationen

$$\sum_{t \in \underline{T}_y} FT_i^t - C_i^y \leq 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall y \in \underline{Y} \setminus \{Y^*\} \quad (D2.4a)$$

$$\sum_{t \in \underline{T}_y} FT_i^t - 2 \cdot C_i^y \geq 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall y \in \underline{Y} \setminus \{Y^*\} \quad (D2.4b)$$

$$FT_i^T + FT_i^{1*} - C_i^{Y^*} \leq 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (D2.4c)$$

$$FT_i^T + FT_i^{1*} - 2 \cdot C_i^{Y^*} \geq 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (D2.4d)$$

Höchstzahl Freizeittage pro Arbeitskraft und Woche

$$\sum_{t=1}^T FT_i^t \leq \overline{F}^{\max} \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (D2.5)$$

Höchstzahl wochenübergreifender Freizeittage pro Arbeitskraft

$$\sum_{t=6}^7 FT_i^t + \sum_{t=1}^2 FT_i^{t*} \leq 3 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (D2.6)$$

Nichtnegativitäts- und Ganzzahligkeitsbedingung

$$FT_i^t, C_i^y \in \{0, 1\} \quad \forall \text{ rel. } i, t, y$$

ERLÄUTERUNGEN ZU MODELL D2

In (D2.1) erfolgt die Deckung des Personalbedarfs mit allen verfügbaren Arbeitskräften, die in der betrachteten Periode keinen Freizeittag zugewiesen bekommen. Die Restriktion vereinfacht sich gegenüber (D1.1), da die zugewiesenen Freizeittage nur von einperiodiger Dauer sind. (D2.2) gewährleistet für alle Arbeitskräfte gemeinsam eine Mindestzahl Freizeittage. Dadurch wird verhindert, daß nur wenige, evt. sehr hoch bewertete Freizeittage und damit übermäßig viele Arbeitstage zugewiesen werden.

Erläuterung zur Zielfunktion

In der Zielfunktion (vgl. (D2.Z)) werden die Summe der (kollektiven) Präferenzwerte aller den Arbeitskräften zugewiesenen Freizeittage maximiert. Die Gewährung eines freien Tages ($\Omega F^t \cdot FT_i^t$) und die Lage des direkten Aufeinanderfolgens zweier Freizeittage ($\Omega K^y \cdot C_i^y$) erfassen und bewerten wir separat¹¹⁸. Erstere erfaßt die Chronometrie der Zeit; sie minimiert die einzuplanenden Arbeitstage¹¹⁹. Letztere erfaßt die Chronologie der Zeit¹²⁰.

Erläuterung zur Begrenzung der Arbeitstage zwischen zwei Freizeittagen

In Restriktion (D2.3) wird erstmals auch die Chronologie der Freizeittage restringiert. Es interessiert nicht mehr nur die Anzahl der Freizeittage (z.B. ob eine Arbeitskraft zwei Freizeittage pro Woche erhält), sondern auch die Lage derselben (z.B. ob die ersten Freizeittage an den ersten beiden Tagen einer Woche liegen, während die folgenden beiden Freizeittage am Ende der folgenden Woche liegen). Um zwischen zwei

¹¹⁸ ΩF^t erhält für alle t den gleichen Wert. Alternativ konnte die Lage der Freizeittage mit in ΩF^t statt in ΩK^y integriert werden.

¹¹⁹ Durch die positive Bewertung eines Freizeittages wird die Gewährung eines Freizeittages stets einem Arbeitstag vorgezogen. Dies kann für den Arbeitgeber aus unterschiedlichen Gründen von Interesse sein: zum einen können Arbeitskräfte der Personalbedarfsüberdeckung andere Arbeitskräfte von der Arbeit abhalten - dies wird durch die Gewährung des Freizeittages verhindert, zum anderen können im Einsatzplan nicht verplante Arbeitstage, welche die Arbeitskraft innerhalb eines (Ausgleichs)zeitraums ableisten muß, als Reserve für situative Ausfälle von Arbeitskräften (z.B. in Folge von Krankheit) dienen

¹²⁰ Vgl. bzgl. der Gestaltung der Präferenzwerte die Erläuterung zur Definition der Freizeitkombinationen sowie die Werte der Abb. 35.

Freizeittagen übermäßig viele aufeinanderfolgende Arbeitstage zu verhindern, restringieren wir deren Zahl auf ein Maximum. Der Aufbau der resultierenden Restriktion entspricht folgender Überlegung: Die Zahl aufeinanderfolgender Arbeitstage wird stets durch die Lage zweier Freizeittage begrenzt. Daraus folgt für die Begrenzung aufeinanderfolgender Arbeitstage, daß nach der Gewährung eines Freizeittages spätestens nach der maximalen Zahl zusammenhängender Arbeitstage ein neuer Freizeittag liegen muß. Als Wenn-Dann-Bedingung formuliert: WENN in Periode t ein Freizeittag gewährt wurde, DANN muß spätestens nach der maximalen Zahl zusammenhängender Arbeitstage, d.h. in Periode $t' = t + 1 + \bar{g}$ ¹²¹, ein weiterer Freizeittag gewährt werden. Nach dem Freizeittag, d.h. ab Periode $t' = t + 1$, bis zur spätesten Periode, in der ein weiterer Freizeittag gewährt werden muß, kann ein Freizeittag gewährt werden. In (D2.3) ist dieser Zusammenhang für die Planungssituation „standardisierte Woche“, verknüpft mit den Abbildungserfordernissen des „temporalen Zyklus“ und des „Arbeitskräftezyklus“¹²², wie folgt formuliert:

$$FT_i^t \leq \min \{T, t+1+\bar{g}\} \sum_{t'=t+1} FT_i^{t'} + \min \{T, t+1+\bar{g}-T\} FT_i^{t'} + \sum_{t'=1}^{t+1+\bar{g}-2T} FT_i^{t'} + \sum_{t'=1}^{t+1+\bar{g}-2T} FT_i^{t'^*} \quad \forall t = 1, 2, \dots, T; \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (D2.3)$$

Die Restriktion stellt für jede Arbeitskraft i , der in Periode t ein Freizeittag (eintägiger Dauer) gewährt wurde, sicher, daß innerhalb des auf der rechten Ungleichungsseite eingegrenzten Zeitraums mindestens einer der erfaßten Arbeitskräfte (i , i^* oder i^{**}) ein weiterer Freizeittag (t') gewährt wird¹²³. Der Zeitraum, innerhalb dessen einer der erfaßten Arbeitskräfte ein weiterer Freizeittag gewährt werden muß, sowie die Wahl der zu erfassenden Arbeitskräfte wird bestimmt durch die Dauer und Lage des gewährten Freizeittages ($t + 1$)¹²⁴, durch die maximale Zahl zusammenhängender Arbeitstage (\bar{g})¹²⁵ sowie durch die noch verbleibende Länge der Planungswoche (T), innerhalb derer der Freizeittag gewährt wurde¹²⁶. Folgende exemplarischen Ausführungen mögen dies erklären. Wird am zweiten Tag der zu planenden „standardisierten Woche“

¹²¹ Die Addition des Wertes 1 symbolisiert die eintägige Dauer der Freizeit. Wir erkennen die Struktur der Abbildungssituation 1 in Kap. 4.1.2.

¹²² Die Abbildungserfordernisse des „temporalen Zyklus“ betreffen die temporalen Summationsgrenzen, die Abbildungserfordernisse des „Arbeitskräfte-Zyklus“ den Index i

¹²³ Wird einer Arbeitskraft i in Periode t ein Freizeittag zugewiesen, nimmt die linke Ungleichungsseite den Wert 1 an. Dann muß aufgrund der kleiner-gleich-Restriktion auch die rechte Ungleichungsseite mindestens den Wert 1 annehmen. Wird dagegen in der betrachteten Periode t der betrachteten Arbeitskraft i kein Freizeittag zugewiesen (die linke Ungleichungsseite hat die Ausprägung 0), wirkt die Restriktion nicht begrenzend.

¹²⁴ Diese Einflußgrößen finden wir in den Summationsunter-/obergrenzen der rechten Terme

¹²⁵ Diese Einflußgröße finden wir in den Summationsobergrenzen der rechten Terme.

¹²⁶ Diese Determinante ist Folge des „temporalen Zyklus“.

($t = 2$) der Arbeitskraft i ein Freizeittag gewährt, so kann der betrachteten Arbeitskraft i in $t = 3, 4, \dots, 7$ ein weiterer Freizeittag gewährt werden. Bei maximal sechs zusammenhängenden Arbeitstagen ($\bar{g} = 6$) genügt es aber auch, wenn im Gesamteinsatzplan spätestens in $t = 2$ des folgenden Wocheneinsatzplanes (dies ist die geplante „standardisierte Woche“ der Arbeitskraft i^*) ein weiterer Freizeittag ausgewiesen wird. Formal werden dazu in (D2.3) für die Perioden $t' = 3, 4, \dots, 7$ die Freizeitvariablen der Arbeitskraft i erfaßt¹²⁷, für die Perioden $t' = 1, 2$ die Freizeitvariablen der Arbeitskraft i^* ¹²⁸:

$$FT_i^2 \leq \underbrace{FT_i^3 + FT_i^4 + FT_i^5 + FT_i^6 + FT_i^7}_{\text{Freizeitvariablen der Planungs-}} + \underbrace{FT_{i^*}^1 + FT_{i^*}^2}_{\text{Freizeitvariablen der Planungs-}} \\ \text{woche der Arbeitskraft } i \quad \text{woche der Arbeitskraft } i^*$$

Der dritte Term der rechten Ungleichungsseite von (D2.3) wird relevant, sobald gegen Ende der Woche ein Freizeittag vorgesehen wird und die maximale Zahl zusammenhängender Arbeitstage den Wert sechs übersteigt. Dann wird zugleich der erste Term der rechten Ungleichungsseite irrelevant. Folgendes Bsp. verdeutlicht dies für den an einem Sonntag gewährten Freizeittag und maximal sieben zusammenhängende Arbeitstage zunächst grafisch, dann als ausformulierte Restriktion.

Abb. 34: Wirkungsweise der Restriktion (D2.3) am Bsp. eines freien Sonntags ($t=7$) und maximal sieben zusammenhängender Arbeitstage ($\bar{g}=7$)

	FT_i^1							$FT_{i^*}^1$							$FT_{i^{**}}^1$						
	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
$t=7$							-	x	x	x	x	x	x	x	x						
„-“	bedeutet: Freizeittag in t																				
„x“	bedeutet: Periode, in der der folgende Freizeittag gewährt werden kann																				
$FT_i^7 \leq FT_{i^*}^1 + FT_{i^*}^2 + FT_{i^*}^3 + FT_{i^*}^4 + FT_{i^*}^5 + FT_{i^*}^6 + FT_{i^*}^7 + FT_{i^{**}}^1$																					

In der ersten Kopfzeile der Abbildung sind die Variablen der drei Terme der rechten Ungleichungsseite von (D2.3) erfaßt. Die zweite Kopfzeile zeigt die Perioden¹²⁹ der „standardisierten Woche“ im Gesamtplan dreier Arbeitskräfte (i, i^*, i^{**}). In der Kopfspalte ist die Periode des betrachteten Freizeittages ($t = 7$) erfaßt. Das mit „-“ belegte

¹²⁷ Vgl. die Summationsgrenzen des ersten Terms der rechten Ungleichungsseite: $t' = t + 1 = 2 + 1 = 3 \dots \min\{T, t + 1 + \bar{g}\} = \min\{7, 2 + 1 + 6\} = 7$.

¹²⁸ Vgl. die Summationsgrenzen des zweiten Terms der rechten Ungleichungsseite: $t' = 1 \dots \min\{T, t + 1 + \bar{g} - T\} = \min\{7, 2 + 1 + 6 - 7\} = 2$. Der dritte Term der rechten Ungleichungsseite ist im betrachteten Bsp. irrelevant.

¹²⁹ Hier in Form von Wochentagen.

Feld weist die Periode des Freizeittages aus, die mit „x“ belegten Felder zeigen die Perioden, in denen der folgende Freizeittag liegen kann. Der im betrachteten Beispiel irrelevante Term der Restriktion ist grau schattiert.

Erläuterung zur Definition der zu bewertenden Freizeitkombinationen

In der Zielfunktion bewerten wir neben dem Gewähren auch das direkte Aufeinanderfolgen zweier Freizeittage. Um dies erfassen zu können, bilden wir in (D2.4a) bis (D2.4d) alle Kombinationen zweier aufeinanderfolgender Freizeittage. Abbildung 35 zeigt die Kombinationen, die jeweilige Menge der sie konstituierenden Freizeittage sowie die Präferenzwerte der Kombinationen. Diese sind so gestaltet, daß die Kombination der beiden Wochentage höher bewertet wird als die Kombination eines Wochentages mit einem direkt vorauslaufenden/folgenden Werktag. Diese wird höher bewertet als die Kombination zweier aufeinanderfolgender Werktage.

Abb. 35: Zusammensetzung der Freizeitkombinationen, incl. ihrer Präferenzwerte

y \ t	Wocheneinsatzplan der Arbeitskraft								Mo	\underline{I}_y	Ω^y
	i											$i^*$
	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo			
1	x	x								{1, 2}	2
2		x	x							{2, 3}	2
3			x	x						{3, 4}	2
4				x	x					{4, 5}	2
5					x	x				{5, 6}	4
6						x	x			{6, 7}	8
7							x	x		{7, 1}	4

„x“ bedeutet: Freizeittag

In den Kopfzeilen werden die (kombinationsrelevanten) Wochentage zweier aufeinanderfolgender Wocheneinsatzpläne erfaßt, die Menge der Tage, die eine Kombination bilden (\underline{I}_y), sowie die Präferenzwerte der einzelnen Kombinationen (Ω^y). In der Kopfspalte erfolgt eine fortlaufende Numerierung der Kombinationen. Die mit „x“ belegten Felder weisen die Perioden aus, in denen ein Freizeittag liegt. Exemplarisch liest sich Zeile drei wie folgt: Kombination $y = 3$ setzt sich aus den direkt aufeinanderfolgenden Freizeittagen Mittwoch und Donnerstag zusammen ($\underline{I}_3 = \{3,4\}$), sie erhält den Präferenzwert 2. Um das Aufeinanderfolgen zweier einer Arbeitskraft i zugewiesener Freizeittage erkennen und bewerten zu können, muß die die Kombination y symbolisierende Variable (C_i^y) den Wert 1 annehmen, wenn der betrachteten Arbeitskraft i diese Kombination konstituierenden Freizeittage zugewiesen werden. In allen anderen Fällen - Zuweisen eines einzelnen oder keines der die Kombination bestimmenden Freizeittages - muß die Variable C_i^y den Wert 0 annehmen. Restriktion (D2.4a) und (D2.4b) stellen dies für alle Kombinationen sicher, die im Wocheneinsatzplan

einer Arbeitskraft liegen. (D2.4c) und (D2.4d) sind Folge des „Arbeitskräfte-Zyklus“. Sie stellen den Sachverhalt für all die Kombinationen sicher, die sich aus Freizeittagen zweier aufeinanderfolgender Wocheneinsatzpläne zusammensetzen¹³⁰.

$$\sum_{t \in \underline{I}_y} FT_i^t - C_i^y \leq 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall y \in \underline{Y} \setminus \{Y^*\} \quad (D2.4a)$$

$$\sum_{t \in \underline{I}_y} FT_i^t - 2 \cdot C_i^y \geq 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall y \in \underline{Y} \setminus \{Y^*\} \quad (D2.4b)$$

$$FT_i^T + FT_i^{1*} - C_i^{Y^*} \leq 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (D2.4c)$$

$$FT_i^T + FT_i^{1*} - 2 \cdot C_i^{Y^*} \geq 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (D2.4d)$$

Für die bereits erwähnte Kombination $y = 3$ ($\underline{I}_3 = \{3, 4\}$) und eine beliebige Arbeitskraft i lauten die ausformulierten Restriktionen sowie die möglichen Variablenausprägungen wie folgt¹³¹:

$$FT_i^3 + FT_i^4 - C_i^3 \leq 1 \quad (D2.4a) \quad FT_i^3 + FT_i^4 - 2 \cdot C_i^3 \geq 0 \quad (D2.4b)$$

$$0 + 0 - 0/1 \leq 1 \quad 0 + 0 - 2 \cdot 0 \geq 0$$

$$0 + 1 - 0/1 \leq 1 \quad 0 + 1 - 2 \cdot 0 \geq 0$$

$$1 + 0 - 0/1 \leq 1 \quad 1 + 0 - 2 \cdot 0 \geq 0$$

$$1 + 1 - 1 \leq 1 \quad 1 + 1 - 2 \cdot 0/1 \geq 0$$

Aufgrund von (D2.4a) nimmt C_i^3 den Wert 1 an, wenn $FT_i^3 = FT_i^4 = 1$ ist (die beiden aufeinanderfolgenden Freizeittage sind zugewiesen, ihre Kombination ist erkannt und in der Zielfunktion bewertet). Aufgrund von (D2.4b) wird $C_i^3 = 0$, sobald nur eine oder keine der beiden Freizeitvariablen den Wert 1 annimmt.

Erläuterung zur Begrenzung der (wochenübergreifenden) Freizeittage

Wird ein Freizeittag gewährt, erhöht sich der Zielfunktionswert um ΩF^1 . Die Zuweisung eines weiteren, direkt folgenden Freizeittages erhöht den Zielfunktionswert sowohl um ΩF^1 als auch um den Wert der entstehenden Kombination (ΩK^3). Wird ein folgender dritter Freizeittag gewährt, entsteht zusammen mit dem zweiten Freizeittag eine weitere (bewertete) Kombination. Der Zielfunktionswert erhöht sich erneut um

¹³⁰ Die Struktur der Restriktion entspricht der Abbildungssituation 3 in Kap. 4.1.2 für zwei bestimmte Fälle. Setzen sich die Kombinationen - allgemeiner - auch aus mehr als zwei Freizeittagen zusammen, wären in (D2.4a) und (D2.4b) der Wert „1“ (auch vor der erkennenden Variablen) durch den Wert ($\# \underline{I}_y - 1$), der Wert „2“ durch den Wert ($\# \underline{I}_y$) zu ersetzen; (D2.4c) und (D2.4d) wären entsprechend zu modifizieren.

¹³¹ „0/1“ symbolisiert, daß die betrachtete Variable zur Erfüllung der Ungleichung sowohl den Wert 0 als auch den Wert 1 annehmen kann.

Ω^1 und ΩK^1 ; die Modelllösung ist folglich bestrebt, möglichst viele freie Tage aneinanderzureihen. Um diesem Mechanismus entgegenzuwirken, begrenzen wir die Zahl der wöchentlichen Freizeittage in (D2.5), die der wochenübergreifenden in (D2.6). Wir wählen für die wöchentlichen Freizeittage einen Höchstwert von drei, wir bewahren genügend Flexibilität¹³². Die aufgrund des Aneinanderstoßens zweier Wochen entstehende Zahl zusammenhängender Freizeittage begrenzen wir auf drei. Dadurch verhindern wir das Gewähren sechs zusammenhängender (wochenendnahe) Freizeittage, ermöglichen aber - aufgrund der Struktur von (D2.6) - daß die Tage Samstag-Sonntag-Montag, Sonntag-Montag-Dienstag oder (im Zusammenspiel mit (D2.5)) die Tage Freitag-Samstag-Sonntag-Montag bzw. Sonntag-Montag-Dienstag-Mittwoch zusammenhängend als Freizeit gewährt werden. Der viertägige, wochenendnahe Freizeitblock Freitag-Samstag-Sonntag-Montag wird dabei aufgrund der Präferenz für freie Wochenendtage stets dem viertägigen Freizeitblock Sonntag-Montag-Dienstag-Mittwoch vorgezogen und - sofern es die Datenstruktur zuläßt - zugewiesen werden. Den Vorteil, vier-, fünf- oder sechstägige Arbeitswochen bilden zu können und die Zahl zusammenhängender Freizeittage auf allgemein drei, einmalig vier zu begrenzen, erlangen wir durch den Verzicht auf die Freizeitkombination Samstag-Sonntag-Montag-Dienstag.

PRAXISBEISPIEL

Zur Darstellung der Wirkungsweise des Modells greifen wir auf das Praxisbeispiel des Modells D1 zurück und ergänzen/modifizieren es. Das Schwimmbad habe weiterhin sieben Tage in der Woche geöffnet ($t = 1, 2, \dots, 7$), der betrachtete Personalbedarf beträgt unverändert werktags drei ($\overline{PB}_1 = \overline{PB}_2 = \dots = \overline{PB}_5 = 3$), an den Wochenenden vier Arbeitskräfte ($\overline{PB}_6 = \overline{PB}_7 = 4$). Aus der Lösung des Modells D1 übernehmen wir die Personalausstattung von fünf Arbeitskräften. Wir berücksichtigen die Vereinbarung der Betriebspartner, daß möglichst zusammenhängende, wochenendnahe Freizeittage gewährt werden sollen. Deren Zahl darf drei Tage pro Woche, bei Wochenendnähe vier Tage nicht überschreiten. Die Zahl aufeinanderfolgender Arbeitstage wird auf sechs begrenzt. Die (kollektiven) Präferenzwerte der Arbeitskräfte bzgl. der Dauer und Lage ihrer Freizeittage gestalten sich so, daß längere Freizeiten stärker präferiert werden als kürzere. Freizeiten, die das ganze Wochenende mit einschließen, werden Freizeiten vorgezogen, die nur den Samstag oder Sonntag enthalten. Diese werden Freizeiten vorgezogen, die sich nur aus Werktagen zusammensetzen. Wir wählen folgende Ausprägungen von ΩK^1 : $\Omega K^1 = \Omega K^2 = \Omega K^3 = \Omega K^4 = 2$, $\Omega K^5 = \Omega K^7 = 4$, $\Omega K^6 = 8$. Die Gewährung eines Freizeittages wird zusätzlich mit dem Wert 1 belegt ($\Omega^1 = 1$,

¹³² Unter der Annahme einer durchschnittlich fünftägigen Arbeitswoche erhalten wir bei maximal drei Freizeittagen pro Woche vier-, fünf- oder sechstägige Arbeitswochen. Ließen wir maximal zwei Freizeittage pro Woche zu, erhielten wir eine relativ starre, regelmäßige Funf-Tage-Arbeitswoche.

$\forall t = 1, 2, \dots, T$). Anhang 4 zeigt das ausformulierte Modell, Abbildung 36 die Einsatzpläne der Planungswoche. Diese können gemäß den Ausführungen zur Ableitung des Gesamteinsatzplanes in Kapitel 4.3.1.1 aneinandergereiht werden. Der Wert der Zielfunktion beträgt 38.

Abb. 36: *Wocheneinsatzplan für Arbeitszeitformen mit möglichst vielen zusammenhängenden Freizeittagen (Modelllösung D2)*

t	1	2	3	4	5	6	7
PB	3	3	3	3	3	4	4
i = 1	x	x	x	x	-	-	-
i = 2	-	x	x	x	x	x	x
i = 3	-	-	-	x	x	x	x
i = 4	x	-	-	-	x	x	x
i = 5	x	x	x	-	-	x	x

„-“(„x“) bedeutet: Freizeittag (Arbeitstag, d.h. Einsatz im Leistungsprozeß)

Im abgeleiteten Gesamteinsatzplan arbeiten die Arbeitskräfte nach folgendem Rhythmus: sechs Arbeitstagen (diese setzen sich aus den Arbeitstagen Samstag und Sonntag der Arbeitskraft $i = 5$ und den Arbeitstagen Montag bis Donnerstag der Arbeitskraft $i = 1$ zusammen) folgen vier Freizeittage, dann sechs Arbeitstage, drei freie Tage, fünf Arbeitstage, drei freie Tage, sechs Arbeitstage und zwei freie Tage. Wie im abgeleiteten Einsatzplan der Modelllösung D1 ergibt dies in Summe 23 Arbeits- und 12 Freizeittage pro Arbeitskraft in fünf Wochen. Die Freizeittage werden in Form von zwei- oder dreitägigen Freizeitblöcken gewährt, zusätzlich ist jede fünfte Woche der viertägige, wochenendnahe Freizeitblock Freitag bis Montag geplant. Es werden nie mehr als sechs zusammenhängende Tage gearbeitet. Pro Woche wurden implizit 35 zulässige Lagen der Freizeittage abgebildet, die wochenübergreifend auf 1200 unterschiedliche Weisen zusammengefügt werden können¹³³. Die abgebildeten Arbeitszeitformen ähneln damit der vertraglich vereinbarten Arbeitszeitform unregelmäßiger Schichtarbeit, ohne daß bereits über die Lage der stundenbezogenen Arbeitszeit pro Tag entschieden wurde¹³⁴.

¹³³ Die drei Freizeittage pro Woche können einzeln oder zusammenhängend auf 35 unterschiedliche Arten positioniert werden. In den fünf Fällen, in denen der Samstag und Sonntag arbeitsfrei sind, darf aufgrund von (D2.6) der Montag und Dienstag nicht arbeitsfrei sein. Deshalb können nur 30 der alternativen Lagen der wöchentlichen Freizeittage mit allen anderen alternativen Lagen kombiniert werden, die restlichen 5 nur mit 30 der 35 Lagemöglichkeiten. Für allein zwei Wochen ergeben sich folglich $30 \cdot 35 + 5 \cdot 30 = 1200$ Arbeitszeitmuster, bei drei Wochen bereits $1050 \cdot 35 + 150 \cdot 30 = 41250$ Arbeitszeitmuster.

¹³⁴ Vgl. zu den vertraglich vereinbarten Formen flexibler Arbeitszeiten Kap. 2.1.2.

4.3.2.3. Arbeitszeitformen mit einer Mindest- und einer Höchstzahl zusammenhängender Arbeitstage

Die Forderung nach einer Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage bewirkt, daß alle durch ihre Dauer bestimmten Freizeitmöglichkeiten (wir sprechen von Freizeitblöcken) explizit vorgegeben werden müssen. Wir können diese einzeln bewerten und stellen sicher, daß sie nicht überlappend und nicht während der Dauer der zusammenhängenden Mindestarbeitstage gewährt werden. Durch die Betrachtung der Variable „Gewährung unterschiedlich langer Freizeitblöcke“ wird ein Teil der aus Modell D2 bekannten Restriktionen komplizierter, ein anderer entfällt¹³⁵. Das formulierte Modell wird in der Zielfunktion die Summe der (kollektiven) Freizeitpräferenzen der Arbeitskräfte für die Dauer und Lage der Freizeitblöcke maximieren. Im Restriktionsraum werden wir die Deckung des Personalbedarfs, die Gewährung einer Mindestzahl an Freizeittagen, die Einhaltung der Obergrenze zusammenhängender Arbeitstage, den Ausschluß von Freizeitblöcken während der Dauer der gewährten Freizeiten und während der Dauer der Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage sowie die Nichtnegativität und Ganzzahligkeit der Entscheidungsvariablen gewährleisten. Wir führen folgende Symbole ein:

Datum

g := Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage

Variable

FT_i^{zt} := $\begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ in Periode } t \text{ mit Freizeitblock } z \text{ beginnt} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$

Koeffizient

ΩB^{zt} := (kollektiver) Präferenzwert für die Lage (erfaßt anhand des Beginnzeitpunktes t) des in seiner Dauer bestimmten Freizeitblockes z

Index

i := Index zur Kennzeichnung der Arbeitskraft, deren Wocheneinsatzplan im Gesamteinsatzplan dem Wocheneinsatzplan der Arbeitskraft i direkt vorausläuft

MODELLFORMULIERUNG

Zielfunktion

$$\sum_{i=1}^I \sum_{z=1}^Z \sum_{t=1}^T \Omega B^{zt} \cdot FT_i^{zt} = \max \quad (D3.Z)$$

¹³⁵ In ihrer Formulierung komplexer werden die Restriktionen zur Personalbedarfsdeckung und zur Begrenzung der Arbeitstage zwischen zwei Freizeitblöcken. Es entfallen die Definitionen der zu bewertenden Freizeitkombinationen sowie die wöchentlichen und wochenübergreifenden Begrenzungen der Freizeittage.

Deckung des Personalbedarfs

$$\overline{PB}_t \leq \overline{PA} - \sum_{i=1}^I \sum_{z=1}^Z \left(\sum_{t'=\max\{1, t-\bar{f}_z+1\}}^t FT_i^{zt'} + \sum_{t'=t+T-\bar{f}_z+1}^T FT_i^{zt'} \right) \quad \forall t = 1, 2, \dots, \bar{f}^{\max}-1 \quad (D1.1a) \approx (D3.1a)$$

$$\overline{PB}_t \leq \overline{PA} - \sum_{i=1}^I \sum_{z=1}^Z \sum_{t'=t-\bar{f}_z+1}^t FT_i^{zt'} \quad \forall t = \bar{f}^{\max}, \bar{f}^{\max}+1, \dots, T \quad (D1.1b) \approx (D3.1b)$$

Mindestzahl Freizeittage pro Planungszeitraum

$$\sum_{i=1}^I \sum_{z=1}^Z \sum_{t=1}^T \bar{f}_z \cdot FT_i^{zt} \geq \bar{F}^{\min} \cdot \overline{PA} \quad (D2.2) \approx (D3.2)$$

Begrenzung der Arbeitstage zwischen zwei Freizeitblöcken

$$FT_i^{zt} \leq \sum_{z'=1}^Z \left(\sum_{t'=t+\bar{f}_z+\underline{g}}^{\min\{T, t+\bar{f}_z+\underline{g}\}} FT_i^{z't'} + \sum_{t'=\max\{1, t+\bar{f}_z+\underline{g}-T\}}^{\min\{T, t+\bar{f}_z+\underline{g}-T\}} FT_i^{z't'} + \sum_{t'=1}^{t+\bar{f}_z+\underline{g}-2T} FT_i^{z't'} \right) \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall z = 1, 2, \dots, Z \quad \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (D2.3) \approx (D3.3)$$

Ausschluß von Freizeitblöcken während der Dauer gewährter Freizeitblöcke und der Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage

$$\left(\sum_{z'=1}^Z (\bar{f}_z + \bar{f}_{z'} + \underline{g} - 1) - 2 \right) \cdot FT_i^{zt} + \sum_{z'=1}^Z \left(\sum_{t'=\max\{1, t-\bar{f}_{z'}+1\}}^{\min\{T, t+\bar{f}_z+\underline{g}-1\}} FT_i^{z't'} + \sum_{t'=1}^{t+\bar{f}_z+\underline{g}-1-T} FT_i^{z't'} + \sum_{t'=T+t-\bar{f}_{z'}+1}^T FT_i^{z't'} \right) \leq \sum_{z'=1}^Z (\bar{f}_z + \bar{f}_{z'} + \underline{g} - 1) - 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall z = 1, 2, \dots, Z \quad \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (D3.4)$$

Nichtnegativitäts- und Ganzzahligkeitsbedingung

$$FT_i^{zt} \in \{0, 1\} \quad \forall \text{ rel. } i, z, t$$

ERLÄUTERUNGEN ZU MODELL D3

Die Restriktionen des Modells ähneln überwiegend bereits erläuterten Restriktionen der Modelle D1 und D2. Lediglich (D3.4) bildet einen völlig neuen Zusammenhang ab.

Aufgrund der Komplexität der formulierten Restriktionen wollen wir dennoch alle Restriktionen ausführlich erläutern. Die Zielfunktion erachten wir als selbsterklärend.

Erläuterung zur Deckung des Personalbedarfs

Die Restriktionen (D3.1a) und (D3.1b) unterscheiden sich von (D1.1a) und (D1.1b) durch die Betrachtung individueller Arbeitskräfte statt der Betrachtung eines Arbeitskräftekollektivs. Formal führt dies zu einer zusätzlichen Indizierung der Freizeitvariablen mit dem Index i . Es erfolgt die Aussage, wer eine Freizeit erhält, statt der Aussage, daß eine Arbeitskraft eine Freizeit erhält. Die Zahl der bereitgestellten Arbeitskräfte geht als Datum in das Modell ein. Der (explizite) Personaleinsatz ergibt sich aus dem dichotomen Verhältnis der Arbeits- und Freizeittage: befindet sich eine bereitgestellte Arbeitskraft nicht in Freizeit, muß sie im Leistungsprozeß eingesetzt werden¹³⁶.

Erläuterung zur Mindestzahl Freizeittage

Restriktion (D3.2) gewährt eine Mindestzahl Freizeittage für alle Arbeitskräfte eines Planungszeitraums. Sie ist notwendig, um im Hinblick auf die Struktur der Zielfunktionskoeffizienten zu gewährleisten, daß nicht nur wenige hoch bewertete Freizeittage - und somit verhältnismäßig viele Arbeitstage - zugewiesen werden. Sie ist in ihrer Allgemeinheit¹³⁷ hinreichend, da die Arbeitskräfte durch die Aneinanderreihung der einzelnen Wocheneinsatzpläne im Zyklus von I-Wochen gleichbehandelt werden. Zudem ermöglicht erst die Allgemeinheit der Formulierung, daß bei Planung nur einer Woche die Zahl der wöchentlichen Arbeitstage im Gesamteinsatzplan einer Arbeitskraft variieren kann.

Erläuterung zur Begrenzung der Arbeitstage zwischen zwei Freizeitblöcken

(D3.3) ähnelt (D2.3). Wir erfassen, daß frühestens nach dem Ende einer gewährten Freizeit zuzüglich der Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage ($t + \bar{f}_z + g$) eine weitere Freizeit (unterschiedlicher Länge) gewährt werden darf¹³⁸; nach dem Ende der gewährten Freizeit zuzüglich der Höchstzahl zusammenhängender Arbeitstage ($t + \bar{f}_z + \bar{g}$) muß eine solche gewährt werden¹³⁹. (D3.3) bildet dies für die Planungssituation „standardisierte Wochen“ verknüpft mit den Abbildungsanfordernissen des „temporalen Zyklus“ und des „Arbeitskräftezyklus“ wie folgt ab:

¹³⁶ Vgl. zur Erläuterung der temporalen Summationsgrenzen die Erläuterungen zu (D1.1).

¹³⁷ Die Allgemeinheit bezieht sich hier auf die Erfassung der Freizeittage aller Arbeitskräfte, anstelle der Gewährung einer Mindestzahl Freizeittage pro Arbeitskraft.

¹³⁸ Vgl. zum Ausschluß von Freizeitblöcken während dieser Zeit Restriktion (D3.4).

¹³⁹ Zur Erinnerung: In (D2.3) lautete der abzubildende Zusammenhang zur Begrenzung der Zahl zusammenhängender Arbeitstage wie folgt: Nach Gewährung eines Freizeittages in t kann frühestens in $t + 1$ (der Wert für \bar{f}_z betrug einheitlich 1, es wurde keine Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage betrachtet) und muß spätestens nach der maximalen Zahl zusammenhängender Arbeitstage (d. h. $t + 1 + \bar{g}$) ein neuer Freizeittag liegen.

$$FT_i^{zt} \leq \sum_{z'=1}^Z \left(\min \{T, t + \bar{f}_z + \bar{g}\} \sum_{t' = t + \bar{f}_z + \underline{g}} FT_i^{z't'} + \min \{T, t + \bar{f}_z + \bar{g} - T\} \sum_{t' = \max \{1, t + \bar{f}_z + \underline{g} - T\}} FT_i^{z't'} + \sum_{t'=1}^{t + \bar{f}_z + \bar{g} - 2T} FT_i^{z't'} \right)$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall z = 1, 2, \dots, Z; \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (D3.3)$$

Die Restriktion stellt für jede Arbeitskraft i , der in Periode t ein Freizeitblock z gewährt wird, sicher, daß innerhalb des auf der rechten Ungleichungsseite erfaßten Zeitraums mindestens einer der erfaßten Arbeitskräfte (i , i^* oder i^{**}) ein weiterer Freizeitblock (z') gewährt wird¹⁴⁰. Der Zeitraum, innerhalb dessen einer der erfaßten Arbeitskräfte ein weiterer Freizeitblock gewährt werden muß, sowie die Wahl der zu erfassenden Arbeitskraft werden bestimmt durch den Beginnzeitpunkt und die Dauer der gewährten Freizeit ($t + \bar{f}_z$)¹⁴¹, durch die minimale (\underline{g}) und maximale Zahl zusammenhängender Arbeitstage (\bar{g})¹⁴² sowie durch die noch verbleibende Länge der Planungswoche (T), innerhalb derer der Freizeitblock (z) gewährt wird¹⁴³. Folgende exemplarische Ausführungen mögen dies für die Betrachtung von Freizeitblöcken nur zweitägiger Dauer demonstrieren. Wird zu Beginn der zu planenden Woche ($t = 1$) der Arbeitskraft i ein Freizeitblock von zweitägiger Dauer gewährt ($z = 2$, $\bar{f}_z = 2$) und müssen mindestens drei zusammenhängende Arbeitstage eingeplant werden ($\underline{g} = 3$), so kann der betrachteten Arbeitskraft i in $t = 6$ oder 7 ein weiterer Freizeitblock ($z' = 2$) gewährt werden. Bei maximal sechs zusammenhängenden Arbeitstagen ($\bar{g} = 6$) genügt es aber auch, wenn im Gesamteinsatzplan spätestens in $t = 2$ des folgenden Wochen-einsatzplanes (dies ist die geplante „standardisierte Woche“ der Arbeitskraft i^*) ein weiterer Freizeitblock ausgewiesen wird. Formal werden dazu in (D3.3) für die Perioden $t' = 6, 7$ die Freizeitvariablen der Arbeitskraft i erfaßt¹⁴⁴, für die Perioden $t' = 1, 2$ die Freizeitvariablen der Arbeitskraft i^* ¹⁴⁵. Der dritte Term ist irrelevant.

¹⁴⁰ Wird einer Arbeitskraft i in Periode t der Freizeitblock z zugewiesen, nimmt die linke Ungleichungsseite den Wert eins an. Dann muß aufgrund der kleiner-gleich-Restriktion auch die rechte Ungleichungsseite mindestens den Wert 1 annehmen. Wird dagegen in der betrachteten Periode t der betrachteten Arbeitskraft i kein Freizeitblock der betrachteten Dauer z zugewiesen (d.h. die linke Ungleichungsseite hat die Ausprägung 0), wirkt die Restriktion nicht begrenzend. Die Summation über $z' = 1, 2, \dots, Z$ (vgl. die rechte Ungleichungsseite) erfolgt, da die zu gewährenden Freizeitblöcke von unterschiedlicher Dauer sein können.

¹⁴¹ Beide Einflußgrößen finden wir in den Summationsunter-/obergrenzen der rechten Terme.

¹⁴² Erstere finden wir in den Summationsunter-, letztere in den -obergrenzen der rechten Seite.

¹⁴³ Diese Determinante ist Ausdruck des „temporalen Zyklus“.

¹⁴⁴ Vgl. die Summationsgrenzen des ersten Terms der rechten Ungleichungsseite: $t' = t + \bar{f}_z + \underline{g} = 1 + 2 + 3 = 6 \dots \min \{T, t + \bar{f}_z + \bar{g}\} = \min \{7, 1 + 2 + 6\} = 7$.

¹⁴⁵ Vgl. die Summationsgrenzen des zweiten Terms der rechten Ungleichungsseite: $t' = \max \{1, t + \bar{f}_z + \underline{g} - T\} = \max \{1, 1 + 2 + 3 - 7\} = 1 \dots \min \{T, t + \bar{f}_z + \bar{g} - T\} = \min \{7, 1 + 2 + 6 - 7\} = 2$.

$$FT_i^{21} \leq \underbrace{FT_i^{26} + FT_i^{27}}_{\text{Freizeitvariablen der Planungs-woche der Arbeitskraft } i} + \underbrace{FT_{i^*}^{21} + FT_{i^{**}}^{22}}_{\text{Freizeitvariablen der Planungs-woche der Arbeitskraft } i^*}$$

Der dritte Term der rechten Ungleichungsseite wird relevant, sobald gegen Ende der Planungswoche eine längere Freizeit vorgesehen wird. Dann wird zugleich der erste Term der rechten Ungleichungsseite irrelevant. Folgendes Bsp., welches aus Gründen der Übersichtlichkeit für z^* wiederum nur zweitägige Freizeiten vorsieht ($z^* = 2$), verdeutlicht dies zunächst grafisch, dann als ausformulierte Restriktion.

Abb. 37: Wirkungsweise der Restriktion (D3.3) für mehrtägige Freizeiten, die sonntags beginnen

	FT_i^{z1}							$FT_{i^*}^{z1}$							$FT_{i^{**}}^{z1}$						
	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
t=7																					
z=2						-	-	◆	◆	◆	x	x	x	x							
z=3						-	-	-	-	◆	◆	◆	x	x	x	x					
„-“	bedeutet: Freizeittag des in t begonnenen Freizeitblocks z																				
„◆“	bedeutet: Arbeitstag aufgrund der Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage, kein Freizeitbeginn möglich																				
„x“	bedeutet: Periode, in der ein folgender Freizeitblock (z^*) beginnen kann																				
$FT_i^{27} \leq FT_{i^*}^{25} + FT_{i^*}^{26} + FT_i^{27} + FT_{i^{**}}^{21}$ $FT_i^{37} \leq FT_{i^*}^{26} + FT_{i^*}^{27} + FT_{i^{**}}^{21} + FT_{i^{**}}^{22}$																					

In der ersten Kopfzeile der Abbildung sind die Variablen der drei Terme der rechten Ungleichungsseite von (D3.3) erfaßt. Die zweite Kopfzeile zeigt die Tage der „standardisierten Woche“ im Gesamtplan dreier Arbeitskräfte (i, i*, i**). In der Kopfspalte sind zunächst die Periode des Freizeitbeginns (t = 7), dann die anhand ihrer Dauer unterschiedenen gewährten Freizeitblöcke (z = 2, 3) erfaßt. Die mit „-“ belegten Felder weisen die Perioden des gewährten Freizeitblockes aus, die mit „◆“ belegten Felder die Perioden, in denen aufgrund der Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage kein Freizeitbeginn möglich ist. Die mit „x“ belegten Felder weisen die Perioden aus, in denen der folgende Freizeitblock beginnen kann. Der im betrachteten Bsp. irrelevante Term ist grau schattiert.

Zum besseren Verständnis der Wirkungsweise der temporalen Summation verdeutlicht Abbildung 38 für ausgewählte Beginnzeitpunkte (t) und Freizeitblöcke (z) tabellarisch, wann die einzelnen Terme der Restriktion (D3.3) relevant sind. Dazu sind in der ersten Kopfzeile die Variablen der drei Terme der rechten Ungleichungsseite erfaßt, die

zweite Kopfzeile zeigt die Summationsvorschriften derselben. In der Kopfspalte ist zunächst die Periode des Freizeitbeginns, dann der anhand seiner Dauer unterschiedene Freizeitblock erfaßt. Die Tabelle weist die resultierenden Werte der Summationsgrenzen aus. Die irrelevanten Terme sind grau schattiert.

Abb. 38: Wirkungsweise der Summationsgrenzen in Restriktion (D3.3) für ausgewählte Beginnzeitpunkte und Freizeitblöcke ($g = 3$, $\bar{g} = 6$, $T = 7$)

	1. Term: $FT_{i^*}^{z^*}$	2. Term: $FT_{i^*}^{z^*}$	3. Term: $FT_{i^*}^{z^*}$
	$t^* = t + \bar{f}_z + 3, \dots,$ $\min\{7, t + \bar{f}_z + 6\}$	$t^* = \max\{1, t + \bar{f}_z + 3 - 7\}, \dots,$ $\min\{7, t + \bar{f}_z + 6 - 7\}$	$t^* = 1, \dots,$ $t + \bar{f}_z + 6 - 2 \cdot 7$
$t = 1$ $z = 2$	$t^* = 1 + 2 + 3, \dots,$ $\min\{7, 1 + 2 + 6\}$ $= 6, 7$	$t^* = \max\{1, 1 + 2 + 3 - 7\}, \dots,$ $\min\{7, 1 + 2 + 6 - 7\}$ $= 1, \dots, 2$	$t^* = 1, \dots,$ $1 + 2 + 6 - 2 \cdot 7$ $= 1, \dots, -5$
$t = 1$ $z = 3$	$t^* = 1 + 3 + 3, \dots,$ $\min\{7, 1 + 3 + 6\}$ $= 7$	$t^* = \max\{1, 1 + 3 + 3 - 7\}, \dots,$ $\min\{7, 1 + 3 + 6 - 7\}$ $= 1, \dots, 3$	$t^* = 1, \dots,$ $1 + 3 + 6 - 2 \cdot 7$ $= 1, \dots, -2$
$t = 6$ $z = 2$	$t^* = 6 + 2 + 3, \dots,$ $\min\{7, 6 + 2 + 6\}$ $= 11, \dots, 7$	$t^* = \max\{1, 6 + 2 + 3 - 7\}, \dots,$ $\min\{7, 6 + 2 + 6 - 7\}$ $= 4, \dots, 7$	$t^* = 1, \dots,$ $6 + 2 + 6 - 2 \cdot 7$ $= 1, \dots, 0$
$t = 6$ $z = 3$	$t^* = 6 + 3 + 3, \dots,$ $\min\{7, 6 + 3 + 6\}$ $= 12, \dots, 7$	$t^* = \max\{1, 6 + 3 + 3 - 7\}, \dots,$ $\min\{7, 6 + 3 + 6 - 7\}$ $= 5, \dots, 7$	$t^* = 1, \dots,$ $6 + 3 + 6 - 2 \cdot 7$ $= 1, \dots, 1$
$t = 7$ $z = 2$	$t^* = 7 + 2 + 3, \dots,$ $\min\{7, 7 + 2 + 6\}$ $= 12, \dots, 7$	$t^* = \max\{1, 7 + 2 + 3 - 7\}, \dots,$ $\min\{7, 7 + 2 + 6 - 7\}$ $= 5, \dots, 7$	$t^* = 1, \dots,$ $7 + 2 + 6 - 2 \cdot 7$ $= 1, \dots, 1$
$t = 7$ $z = 3$	$t^* = 7 + 3 + 3, \dots,$ $\min\{7, 7 + 3 + 6\}$ $= 13, \dots, 7$	$t^* = \max\{1, 7 + 3 + 3 - 7\}, \dots,$ $\min\{7, 7 + 3 + 6 - 7\}$ $= 6, \dots, 7$	$t^* = 1, \dots,$ $7 + 3 + 6 - 2 \cdot 7$ $= 1, \dots, 2$

Erläuterungen zum Ausschluß von Freizeitblöcken während der Dauer gewährter Freizeitblöcke und der Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage

Während der Dauer einer gewährten Freizeit sowie der Dauer der direkt folgenden Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage darf einer Arbeitskraft keine weitere Freizeit zugewiesen werden (Ausschlußbedingung). Dabei ist zu beachten, daß die auszuschließenden Freizeiten durch unterschiedliche Dauern ($z^* = 1, 2, 3$) und durch unterschiedliche Beginnzeitpunkte determiniert sind. Abbildung 39 verdeutlicht dies für den Fall, daß einer Arbeitskraft i^* in $t = 1$ eine zweitägige Freizeit ($z = 2$) gewährt wurde und mindestens drei zusammenhängende Arbeitstage folgen müssen ($g = 3$).

Abb. 39: Unzulässige Überschneidungen von Freizeitblöcken, wenn Arbeitskraft i^* in $t = 1$ eine zweitägige Freizeit erhält und die Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage drei beträgt ($g = 3$)

Perioden Be- ginn- zeitpunkte	„standardisierte Woche“ Arbeitskraft i			„standardisierte Woche“ Arbeitskraft i^*									
	...	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So		
$f_2=2$	Mo				x	x	◆	◆	◆				
	Di					x	x						
	Mi							x					
	Do								x	x			
	Fr									x	x		
	So				x	x							
$f_1=1$	Mo				x								
	Di					x							
	Mi						x						
	Do							x					
	Fr								x				
$f_3=3$	Mo				x	x	x						
	Di					x	x	x					
	Mi						x	x	x				
	Do							x	x	x			
	Fr								x	x	x		
	Sa			x	x	x							
	So				x	x	x						

„x“ bedeutet: Freizeittag des in t begonnenen Freizeitblocks

„◆“ bedeutet: Arbeitstag aufgrund der Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage

In der Kopfzeile sind die relevanten Planungstage der Arbeitskräfte i und i^* erfaßt. In der Kopfspalte sind ausgewählte Beginnzeitpunkte der nach ihrer Dauer unterschiedenen Freizeitblöcke ausgewiesen. Die erste Tabellenzeile signalisiert den in $t = 1$ gewährten zweitägigen Freizeitblock (schwarze Umrandung) sowie die folgende Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage. In den folgenden Zeilen markieren die unterschiedlich grau schattierten Felder die Beginnzeitpunkte der Freizeitblöcke, die sich mit dem gewährten Freizeitblock und den diesem folgenden Mindestarbeitstagen überschneiden. Dabei erfassen die hellgrau schattierten Zellen die Freizeitblöcke, die zum gleichen Zeitpunkt wie die gewährte Freizeit beginnen¹⁴⁶; die mittelgrau schattierten

¹⁴⁶ Die in der Ausschlußbedingung abzubildende Forderung lautet: WENN in t Freizeitblock z be-

Zellen erfassen die Freizeitblöcke, die während der Dauer der gewährten Freizeit zuzüglich der Mindestzahl Arbeitstage beginnen¹⁴⁷; die dunkelgrau schattierten Zellen erfassen die Freizeitblöcke, die vor dem betrachteten Zeitpunkt begonnen haben, aufgrund ihrer Dauer aber noch in die betrachtete Periode hineinreichen¹⁴⁸. Alle drei Fälle der Überschneidung von Freizeitblöcken sind im Modell zu verhindern. Dies wird für die Planungssituation „standardisierte Wochen“ entsprechend den Abbildungserfordernissen des „temporalen Zyklus“ und des „Arbeitskräfte-Zyklus“ wie folgt formuliert:

$$\left(\sum_{z'=1}^Z (\bar{f}_z + \bar{f}_{z'} + \underline{g} - 1) - 2 \right) \cdot FT_i^{zt} + \sum_{z'=1}^Z \left(\min \left\{ T, t + \bar{f}_z + \underline{g} - 1 \right\} \sum_{t'=\max \{ 1, t - \bar{f}_{z'} + 1 \}}^{t + \bar{f}_z + \underline{g} - 1 - T} FT_i^{z't'} + \sum_{t'=1}^{t + \bar{f}_z + \underline{g} - 1 - T} FT_{i*}^{z't'} \right. \\ \left. + \sum_{t'=T+t-\bar{f}_{z'}+1}^T FT_{i-}^{z't'} \right) \leq \sum_{z'=1}^Z (\bar{f}_z + \bar{f}_{z'} + \underline{g} - 1) - 1 \\ \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall z = 1, 2, \dots, Z; \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (D3.4)$$

Auf der linken Ungleichungssseite erfassen die drei Terme innerhalb der Summation über z' alle anhand ihrer Beginnzeitpunkte und Dauer bestimmten Freizeitblöcke, die sich bei Gewährung des Freizeitblockes z zum Zeitpunkt t an Arbeitskraft i mit dem gewährten Freizeitblock zuzüglich der folgenden Mindestarbeitstage überschneiden würden. Die nach den unterschiedlichen Arbeitskräften differenzierten Terme sind Folge der Planungssituation „standardisierte Woche“, sie sind - je nach der betrachteten Periode - für unterschiedliche Freizeitlagen relevant. Für die betrachtete Arbeitskraft (i) sind grundsätzlich alle Freizeitblöcke erfaßt, die vor der Gewährung der betrachteten Freizeit, gleichzeitig mit dieser oder während der Dauer der gewährten Freizeit (zuzüglich der Mindestarbeitstage) beginnen (Summation über $t' = t - \bar{f}_{z'} + 1, \dots, t, \dots, t + \bar{f}_z + \underline{g} - 1$)¹⁴⁹. Im zweiten Term der auszuschließenden Freizeitblöcke werden für die

ginnt, DANN dürfen alle anderen Freizeitblöcke ($z' \in \mathbb{Z} \setminus \{z\}$) nicht in t beginnen. Die auszuschließenden Freizeitblöcke werden in ihrer Lage allein durch den Beginnzeitpunkt der gewährten Freizeit bestimmt (t). Wir erkennen Abbildungssituation 2 aus Kap. 4.1.2.

- ¹⁴⁷ Die abzubildende Forderung lautet: WENN in t Freizeitblock z beginnt, DANN dürfen in den Perioden $t' = t, t+1, \dots, t + \bar{f}_z + \underline{g} - 1$ keine Freizeitblöcke ($z' \in \mathbb{Z}$) beginnen. Die auszuschließenden Freizeitblöcke werden in ihrer Lage durch den Beginnzeitpunkt (t) und die Dauer der gewährten Freizeit (\bar{f}_z) sowie die Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage (\underline{g}) bestimmt (vgl. die Summationsobergrenzen in (D3.4)).
- ¹⁴⁸ Die abzubildende Forderung lautet: WENN in t Freizeitblock z beginnt, DANN dürfen die Freizeitblöcke z' ($z' \in \mathbb{Z}$) in den Perioden $t' = t - \bar{f}_{z'} + 1, t - \bar{f}_{z'} + 2, \dots, t - 1$ nicht beginnen. Die auszuschließenden Freizeitblöcke werden in ihrer Lage durch den Beginnzeitpunkt (t) des gewährten Freizeitblockes und durch die Dauer der auszuschließenden Freizeitblöcke ($\bar{f}_{z'}$) bestimmt (vgl. die Summationsuntergrenzen in (D3.4)).
- ¹⁴⁹ Auszuschließende Freizeitblöcke, die der Arbeitskraft i vor der betrachteten Periode t gewährt

Arbeitskraft, deren Einsatzplan im Gesamteinsatzplan dem Plan der Arbeitskraft i folgt (i^*), grundsätzlich die Freizeitblöcke erfaßt, die während der Dauer der gewährten Freizeit (zuzüglich der Mindestarbeitstage) beginnen (Summation über $t' = 1, \dots, t + \bar{f}_z + g - 1 - T$); gleichzeitig oder vorher beginnende Freizeitblöcke sind irrelevant. Für die Arbeitskraft, deren Einsatzplan im Gesamteinsatzplan dem Plan der Arbeitskraft i vorausläuft (i') - dieser gilt der dritte Term - sind allein die Freizeitblöcke relevant, die vor der Gewährung der betrachteten Freizeit beginnen und im betrachteten Zeitpunkt noch nicht geendet haben (Summation über $t' = T + t - \bar{f}_z + 1, \dots, T$). Wir addieren zu diesen drei Termen (noch einmal) die Variable, die die Gewährung des Freizeitblockes z zum Zeitpunkt t an Arbeitskraft i symbolisiert und multiplizieren diese mit der Zahl der im folgenden erfaßten Variablen abzüglich des Wertes 1¹⁵⁰. Zugleich beschränken wir die rechte Ungleichungsseite auf die Zahl der auszuschließenden Freizeitblöcke. Alle Variablen der auszuschließenden Freizeitblöcke müssen den Wert 0 annehmen, sobald der betrachtete Freizeitblock z in Periode t Arbeitskraft i zugewiesen wird. Wird Freizeitblock z in Periode t Arbeitskraft i nicht zugewiesen, wirkt die Restriktion nicht beschränkend¹⁵¹. Für eine beliebige Arbeitskraft i , der in Periode $t = 1$ ein Freizeitblock von zweitägiger Dauer ($z = 2$) zugewiesen wird und der Regelung, daß zwischen zwei Freizeitblöcken eine Arbeitszeitdauer von mindestens drei Tagen liegen muß ($g = 3$), lautet die ausformulierte Restriktion (D3.4) bei der Annahme, daß sowohl ein-, zwei- als auch dreitägige Freizeiten ($z' = 1, 2, 3$; $\bar{f}_1 = 1, \bar{f}_2 = 2, \bar{f}_3 = 3$) gewährt werden können, wie folgt:

$$17 \cdot FT_i^{21} + \underbrace{FT_{i-}^{27} + FT_{i-}^{36} + FT_{i-}^{37}}_{\text{kein Beginn von Freizeiten, die in } t = 1 \text{ noch einen freien Tag vorsehen}} + \underbrace{FT_i^{11} + FT_i^{12} + FT_i^{22} + FT_i^{31} + FT_i^{32}}_{\text{kein gleichzeitiger Beginn von Freizeiten; kein Freizeitbeginn während der zweitägigen Dauer der Freizeit}} +$$

werden, sind ab Periode $t = 2$ zu berücksichtigen (dies stellt die Maximumbedingung der Summationsuntergrenze sicher) Auszuschließende Freizeitblöcke, die der Arbeitskraft i während der Dauer der Freizeit und während der der Freizeit folgenden Mindestarbeitstage zugewiesen werden können, sind bis zur betrachteten Periode $t = 6$ von Relevanz (dies stellt die Minimumbedingung der Summationsuntergrenze sicher) Stets sind alle Freizeitblöcke des gleichzeitigen Beginns für Arbeitskraft i auszuschließen.

- ¹⁵⁰ Die Subtraktion des Wertes 1 ergibt sich daraus, daß bei der Summation über z' alle sich überschneidenden Freizeitblöcke erfaßt sind, also auch der (nicht auszuschließende) gewährte Freizeitblock z . Dieser addiert sich bei der Ausformulierung der Restriktion (vgl. die folgenden Beispiele) zur ersten Variablen
- ¹⁵¹ Vgl. bzgl. der Struktur der Restriktion die gleiche Struktur von (S1a.6). Dort hatten wir bei Vorliegen einer Arbeitszeitkategorie (a_k) unzulässige Einsatzbeginnzeitpunkte verhindert; hier verhindern wir bei Vorliegen eines Freizeitblockes ($FT_i^{z,t}$) die Gewährung weiterer (in Bezug auf ihre Dauer und Lage) unzulässiger Freizeitblöcke
- ¹⁵² Bei der Gewährung einer dreitägigen Freizeit erhöht sich die Zahl der Variablen, die für die

$$\underbrace{FT_i^{13} + FT_i^{14} + FT_i^{15} + FT_i^{23} + FT_i^{24} + FT_i^{25} + FT_i^{33} + FT_i^{34} + FT_i^{35}}_{\text{kein Freizeitbeginn während der Mindestarbeitszeitdauer}} \leq 17$$

Würde die Freizeit statt in $t = 1$ bei sonst gleichen Annahmen in $t = 7$ gewährt, lautet die ausformulierte Restriktion wie folgt:

$$17 \cdot FT_i^{27} + FT_i^{17} + FT_i^{26} + FT_i^{35} + FT_i^{36} + FT_i^{37} + \underbrace{FT_{i^*}^{11} + FT_{i^*}^{21} + FT_{i^*}^{31}}_{\text{kein Beginn von Freizeiten während der zweitägigen Dauer der Freizeit}} +$$

kein Beginn von Freizeiten, die in $t=7$ noch einen freien Tag vorsehen, kein gleichzeitigiger Beginn von Freizeiten

$$\underbrace{FT_{i^*}^{12} + FT_{i^*}^{13} + FT_{i^*}^{14} + FT_{i^*}^{22} + FT_{i^*}^{23} + FT_{i^*}^{24} + FT_{i^*}^{32} + FT_{i^*}^{33} + FT_{i^*}^{34}}_{\text{kein Freizeitbeginn während der Mindestarbeitszeitdauer}} \leq 17$$

Abbildung 40 zeigt für (D3.4) tabellarisch die Wirkungsweise der temporalen Summationsgrenzen für alle Beginnzeitpunkte ($t = 1, 2, \dots, 7$) eines dreitägigen Freizeitblockes (z). Die erste Kopfzeile erfaßt die Variablen der drei Arbeitskräfte (i, i^*, \bar{i}), die zweite die Summationsvorschriften der Terme. In der Kopfspalte werden die Perioden des Freizeitbeginns erfaßt; in den Tabellenfeldern sind die resultierenden Werte der Summationsgrenzen ausgewiesen. Die Felder irrelevanter Terme sind grau schattiert.

PRAXISBEISPIEL

Zur Darstellung der Wirkungsweise des Modells modifizieren wir die Beispiel der Modelle D1 und D2. Das betrachtete Schwimmbad habe weiterhin sieben Tage in der Woche geöffnet ($t = 1, 2, \dots, 7$), der betrachtete Personalbedarf sei einem anderen Bereich entnommen und beträgt werktags je zwei ($\overline{PB}_1 = \overline{PB}_2 = \dots = \overline{PB}_5 = 2$), an den Wochenendtagen je drei Arbeitskräfte ($\overline{PB}_6 = \overline{PB}_7 = 3$). Die Lösung des entsprechenden Modells D1 ergab eine Personalausstattung von vier Arbeitskräften. Die Vereinbarung der Betriebspartner sieht für diesen Bereich vor, daß nur ein-, zwei- oder dreitägige Freizeitblöcke gewährt werden dürfen ($z = 1, 2, 3$; $\bar{f}_1 = 1, \bar{f}_2 = 2, \bar{f}_3 = 3$)¹⁵³. Die Mindest- und Höchstzahl zusammenhängender Arbeitstage beträgt drei ($\underline{g} = 3$) bzw. sechs ($\bar{g} = 6$).

Dauer der gewährten Freizeit den Beginn anderer Freizeiten verhindern; bei der Gewährung einer eintägigen Freizeit entfällt dieser Fall.

¹⁵³ Die Integration von (unerwünschten) Freizeitblöcken eintägiger Dauer erfolgt allein zur Vergrößerung des zulässigen Lösungsraums. Die eintägigen Freizeiten werden in der Zielfunktion mit relativ niedrigen Werten bewertet.

Abb. 40: Wirkungsweise der Summationsgrenzen in Restriktion (D3.4) für die Beginnzeitpunkte $t = 1, 2, \dots, 7$ eines dreitägigen Freizeitblocks ($\bar{f}_z = 3$), bei mindestens drei zusammenhängenden Arbeitstagen ($\underline{g} = 3$)

	1. Term: FT_i^{zt}	2. Term: FT_i^{zt*}	3. Term: FT_i^{zt-}
	$t' = \max\{1, t - \bar{f}_z + 1\}, \dots,$ $\min\{T, t + \bar{f}_z + \underline{g} - 1\}$	$t' = 1, \dots,$ $t + \bar{f}_z + \underline{g} - 1 - T$	$t' = T + t - \bar{f}_z + 1, \dots,$ T
$t = 1$	$t' = \max\{1, 1-3+1\}, \dots,$ $\min\{7, 1+3+3-1\}$ $= 1, \dots, 6$	$t' = 1, \dots, 1 + 3+3 - 8$ $= 1, \dots, -1$	$t' = 7 + 1-3+1, \dots, 7$ $= 6, \dots, 7$
$t = 2$	$t' = \max\{1, 2-3+1\}, \dots,$ $\min\{7, 2+3+3-1\}$ $= 1, \dots, 7$	$t' = 1, \dots, 2 + 3+3 - 8$ $= 1, \dots, 0$	$t' = 7 + 2-3+1, \dots, 7$ $= 7, \dots, 7$
$t = 3$	$t' = \max\{1, 3-3+1\}, \dots,$ $\min\{7, 3+3+3-1\}$ $= 1, \dots, 7$	$t' = 1, \dots, 3 + 3+3 - 8$ $= 1, \dots, 1$	$t' = 7 + 3-3+1, \dots, 7$ $= 8, \dots, 7$
$t = 4$	$t' = \max\{1, 4-3+1\}, \dots,$ $\min\{7, 4+3+3-1\}$ $= 2, \dots, 7$	$t' = 1, \dots, 4 + 3+3 - 8$ $= 1, \dots, 2$	$t' = 7 + 4-3+1, \dots, 7$ $= 9, \dots, 7$
$t = 5$	$t' = \max\{1, 5-3+1\}, \dots,$ $\min\{7, 5+3+3-1\}$ $= 3, \dots, 7$	$t' = 1, \dots, 5 + 3+3 - 8$ $= 1, \dots, 3$	$t' = 7 + 5-3+1, \dots, 7$ $= 10, \dots, 7$
$t = 6$	$t' = \max\{1, 6-3+1\}, \dots,$ $\min\{7, 6+3+3-1\}$ $= 4, \dots, 7$	$t' = 1, \dots, 6 + 3+3 - 8$ $= 1, \dots, 4$	$t' = 7 + 6-3+1, \dots, 7$ $= 11, \dots, 7$
$t = 7$	$t' = \max\{1, 7-3+1\}, \dots,$ $\min\{7, 7+3+3-1\}$ $= 5, \dots, 7$	$t' = 1, \dots, 7 + 3+3 - 8$ $= 1, \dots, 5$	$t' = 7 + 7-3+1, \dots, 7$ $= 12, \dots, 7$

Für die kollektiven Präferenzen der Arbeitskräfte bzgl. der Dauer und Lage ihrer Freizeittage gilt folgende Vereinbarung: Freizeitblöcke, die unabhängig von ihrer Dauer den Samstag und Sonntag mit einschließen ($FT_i^{35}, FT_i^{36}, FT_i^{26}$), dominieren eindeutig Freizeitblöcke zwei- oder dreitägiger Dauer, die nur den Samstag oder nur den Sonntag umfassen ($FT_i^{34}, FT_i^{37}, FT_i^{25}, FT_i^{27}$). Diese dominieren eindeutig drei Werktage umfassende Freizeiten ($FT_i^{31}, FT_i^{32}, FT_i^{33}$), diese wiederum zwei Werktage umfassende Freizeiten ($FT_i^{21}, FT_i^{22}, FT_i^{23}, FT_i^{24}$), diese eintägige Freizeiten aller Lagen ($FT_i^{1t}, \forall t = 1, 2, \dots, T$). Die eindeutige Dominanz drücken wir durch Präferenzwerte aus, die stets um den Wert eins über dem Wert der Kombination der vorher höchstbewerteten

Gruppe liegen. So erhalten die Freizeiten der am wenigsten präferierten Gruppe (eintägige Freizeiten) den Wert 1, die Freizeiten der folgenden Gruppe den Wert 3 ($1 + 1 + 1 = 3$), die der folgenden den Wert 7 ($3 + 3 + 1 = 7$), die folgenden den Wert 15 und die am höchsten präferierten Freizeiten den Wert 31¹⁵⁴. Anhang 5 zeigt das ausformulierte Modell, Abbildung 41 die Wocheneinsatzpläne der Planungswoche. Der Wert der Zielfunktion ist 49.

Abb. 41: Wocheneinsatzplan für Arbeitszeitformen mit einer Mindest- und einer Höchstzahl zusammenhängender Arbeitstage (Modellösung D3)

t	1	2	3	4	5	6	7
PB	2	2	2	2	2	3	3
i = 1	x	-	-	-	x	x	x
i = 2	-	-	-	x	x	x	x
i = 3	-	x	x	x	-	-	-
i = 4	x	x	x	-	-	x	x

„-“ („x“) bedeutet: Freizeittag (Arbeitstag, d.h. Einsatz im Leistungsprozeß)

Im abgeleiteten Gesamteinsatzplan arbeiten die Arbeitskräfte nach folgendem Rhythmus: drei Arbeitstagen (diese setzen sich zusammen aus den Arbeitstagen Samstag und Sonntag der Arbeitskraft $i = 4$ und dem Arbeitstag Montag der Arbeitskraft $i = 1$) folgen drei werktägliche Freizeittage, dann drei Arbeitstage, drei freie Werkstage, vier Arbeitstage, ein freier Werktag, drei Arbeitstage, ein verlängertes freies Wochenende (Freitag bis Sonntag), drei Arbeitstage und zwei freie Werkstage. Insgesamt arbeitet eine Arbeitskraft innerhalb vier Wochen an 16 Tagen, 12 Tage sind als Freizeittage vorgesehen. Zu keiner Zeit sind mehr als vier zusammenhängende Arbeitstage eingeplant. Die Datenkonstellation läßt nur alle vier Wochen ein freies Wochenende zu. Dies ist mit den gesetzlichen Regelungen vereinbar; das Wochenende wird verlängert gewährt. Die Forderung, stets mindestens drei zusammenhängende Arbeitstage einzuplanen, verhindert einen (möglichen) Einsatzplan, welcher nur zwei- und dreitägige Freizeiten vorsieht, dafür zusammenhängende Arbeitstage von zwei, drei oder viertägiger Dauer einplant. Es ist Aufgabe der Betriebspartner, sich über die Gestaltungsvorgaben der Einsatzpläne abzustimmen. Implizit sind dermaßen viele Arbeitszeitformen abgebildet, daß deren Zahl kaum explizit vorgegeben werden könnte¹⁵⁵.

¹⁵⁴ Die aufgeführten Präferenzwerte ergeben sich aus Plausibilitätsüberlegungen. Es sind sowohl andere Präferenzwerte als auch andere Gruppierungen der Freizeitblöcke denkbar. Vgl. bzgl. einer ausführlichen Diskussion der formulierten Zielfunktionen Kap. 5.1.

¹⁵⁵ Aufgrund der Vorgabe ein-, zwei- und dreitägiger Freizeitblöcke und der Beschränkung auf drei, vier, fünf oder sechs zusammenhängende Arbeitstage können pro zu entscheidenden Tag 12 Alternativen gewählt werden, bei denen jeweils 4 ($1 + \bar{g}$) bis 9 ($3 + \bar{g}$) Tage verplant werden. Nach 4, 5, ..., 9 Tagen erfolgt eine neue Entscheidung über die Zuweisung von Freizeiten. Wieder stehen 12 Alternativen zur Verfügung. Erst gegen Ende des Planungshorizonts reduziert

4.3.3. Planungsmodelle bei Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten

4.3.3.1. Niveau- und Strukturbestimmung der Personalausstattung

Qualitative Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten beschreiben im Abbildungsfall days-off-scheduling die Möglichkeit, mehrfach qualifizierte Arbeitskräfte an unterschiedlichen Tagen bei unterschiedlichen Tätigkeitsarten einzusetzen. Ihre Erfassung bei der Bestimmung der Personalausstattung erfolgt in Anlehnung an die Formulierungen des Modells D1. Dazu modifizieren wir dessen Restriktionen und ergänzen sie um qualifikationsspezifische Obergrenzen der Bereitstellungsseite. Wir führen folgende neue Symbole ein:

Datum

\overline{PA}_r^{\max} := Obergrenzen der Personalausstattung, differenziert nach Arbeitskräftekategorien

\overline{PB}_q^t := Personalbedarf der Tätigkeitsart q in Periode t (t ist ein Tag)

Variablen

FT_r^{zt} := Anzahl zu gewählender Freizeitblöcke der Art z, die in Periode t für Arbeitskräfte der Kategorie r beginnen

PA_r := Anzahl bereitzustellender Arbeitskräfte der Kategorie r

Koeffizienten

Φ_r := Personalkosten pro bereitzustellender Arbeitskraft der Kategorie r

Index/Indexmenge

$r = 1, 2, \dots, R$:= Index zur Kennzeichnung von (nach ihrem Tätigkeitsspektrum differenzierten) Arbeitskräftekategorien

R_q := Menge der Arbeitskräftekategorien r, die für Tätigkeitsart q bereitgestellt werden können (kollektives Bereitstellungsspektrum)

MODELLFORMULIERUNG

Zielfunktion

$$\sum_{r=1}^R \Phi_r \cdot PA_r = \min \quad (D1.Z) \approx (D4.Z)$$

sich diese Zahl, da ein Teil die Dauer des Planungshorizonts überschreiten würde.

Deckung des Personalbedarfs

$$\sum_{q \in \tilde{Q}} \overline{PB}_q^t \leq \sum_{r \in \bigcup_{q \in \tilde{Q}} R_q} \left[PA_r - \sum_{z=1}^Z \left(\sum_{t'=\max\{1, t-\bar{f}_z+1\}}^t FT_r^{zt'} + \sum_{t'=t+T-\bar{f}_z+1}^T FT_r^{zt'} \right) \right]$$

$$\forall \tilde{Q} \in \wp(Q) \setminus \{ \}$$

$$\forall t = 1, 2, \dots, \bar{f}^{\max} - 1 \quad (D1.1a) \approx (D4.1a)$$

$$\sum_{q \in \tilde{Q}} \overline{PB}_q^t \leq \sum_{r \in \bigcup_{q \in \tilde{Q}} R_q} \left(PA_r - \sum_{z=1}^Z \sum_{t'=t-\bar{f}_z+1}^t FT_r^{zt'} \right)$$

$$\forall \tilde{Q} \in \wp(Q) \setminus \{ \}$$

$$\forall t = \bar{f}^{\max}, \bar{f}^{\max} + 1, \dots, T \quad (D1.1b) \approx (D4.1b)$$

Gewährung einer Mindestzahl (mehrtägiger) Freizeitblöcke

$$\sum_{z=1}^Z \sum_{t=1}^T FT_r^{zt} \geq \bar{W} \cdot PA_r \quad \forall r = 1, 2, \dots, R \quad (D1.2) \approx (D4.2)$$

Obergrenzen der Personalausstattung

$$PA_r \leq \overline{PA}_r^{\max} \quad \forall r = 1, 2, \dots, R \quad (D4.3)$$

Nichtnegativitäts- und Ganzzahligkeitsbedingungen

$$FT_r^{zt}, PA_r \geq 0 \text{ und ganzzahlig} \quad \forall \text{rel. } z, t, r$$

ERLÄUTERUNGEN ZU MODELL D4

Modell D4 ist eine Synthese der Restriktionen des Modells D1 mit dem impliziten Ansatz¹⁵⁶. Ersterem entstammt die Struktur der Zielfunktion (vgl. (D4.Z)) sowie die Restriktion zur Gewährung einer Mindestzahl (mehrtägiger) Freizeitblöcke (vgl. (D4.2)). Wir differenzieren die Entscheidungsvariablen und die Bereitstellungskosten (zusätzlich) nach den Arbeitskräftekategorien und berücksichtigen in (D4.2), daß nur die Einsatzpläne gleichqualifizierter Arbeitskräfte untereinander austauschbar sind¹⁵⁷. (D4.3) integriert kategoriespezifische Obergrenzen der Personalausstattung. Diese können

¹⁵⁶ Vgl. zur Herleitung des „impliziten Ansatzes“ KOSSBIEL (1971), S. 174 - 178.

¹⁵⁷ Wir formulieren (D4.2) für alle Arbeitskräftekategorien. Die aus der Modelllösung abgeleiteten Einsatzpläne lassen sich nur innerhalb einer solchen zu einem (kategoriespezifischen) Gesamteinsatzplan zusammenfügen. Dieser muß für jede Kategorie den rechtlichen Ansprüchen (z.B. Mindest- und Höchstzahlen (zusammenhängender) Arbeitstage) gerecht werden.

durch unterschiedliche Arbeitsmarktsituationen oder personalpolitische Vorgaben determiniert sein¹⁵⁸. In (D4.1) erkennen wir den Einfluß des impliziten Ansatzes.

Erläuterung zur Deckung des Personalbedarfs

(D4.1a) und (D4.1b) entsprechen in den die temporale Dimension betreffenden Formulierungen den Restriktionen (D1.1a) und (D1.1b); in den die Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten betreffenden Formulierungen entsprechen sie denen des impliziten Ansatzes. Bzgl. der temporalen Dimension erfassen wir, daß der Personalbedarf täglich mit der Zahl bereitzustellender Arbeitskräfte zu decken ist, abzüglich der Arbeitskräfte, die sich in der betrachteten Periode in Freizeit befinden. Dies sind all die Arbeitskräfte, die in der betrachteten Periode t mit ihrer Freizeit beginnen oder in vorherigen Perioden mit ihrer Freizeit begonnen haben, aufgrund der Dauer ihrer Freizeit in der betrachteten Periode aber noch nicht wieder im Leistungsprozeß einsetzbar sind¹⁵⁹. Die Formulierungen, die den Bereich der Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten betreffen, erfassen, daß der nach Tätigkeitsarten differenzierte Personalbedarf (\overline{PB}_q^t) nur mit Arbeitskräften der Kategorien gedeckt werden kann, die die betrachtete Tätigkeitsart ausüben können (PA_r , $r \in \underline{R}_q$). Dabei ist darauf zu achten, daß mehrfachqualifizierte Arbeitskräfte während einer Periode nur eine Tätigkeitsart ausüben können. Wir berücksichtigen dies in der Summation über die Mengen der Potenzmenge.

PRAXISBEISPIEL

Zur Verdeutlichung der Wirkungsweise des Modells greifen wir auf das Bsp. für Modell D1 zurück und modifizieren es. Das Schwimmbad habe weiterhin sieben Tage die Woche geöffnet ($t = 1, 2, \dots, 7$). Die Bereiche der Beckenaufsicht und der Sauna sind gemeinsam zu planen. Der neu zu planende Personalbedarf für Tätigkeiten der Art $q = 1$, diese fallen im Bereich der Sauna an, lautet $\overline{PB}_{11} = \overline{PB}_{12} = \dots = \overline{PB}_{15} = 2$,

¹⁵⁸ Arbeitsmarktliche Obergrenzen drücken qualifikationsspezifische Knappheitsverhältnisse aus. Sie stellen für das Unternehmen zumindest kurzfristig nicht beeinflussbare Rahmenbedingungen dar (langfristig können sie zumindest in Teilen durch Ausbildungsinitiativen der Unternehmen beeinflusst werden). Personalpolitische Obergrenzen sind Folge von Unternehmensentscheidungen. So kann z. B. die Zahl einfachqualifizierter Arbeitskräfte zugunsten der Zahl mehrfachqualifizierter Arbeitskräfte begrenzt werden. Dadurch stellt sich das Unternehmen ein tätigkeitsorientiertes Flexibilisierungspotential bereit. Vgl. zu den Zusammenhängen von Personalstruktur und Flexibilität KOSSBIEL (1986), S. 102 - 104

¹⁵⁹ Die temporale Dimension drückt sich im Allquantor $t = 1, 2, \dots, T$ und in der Summation über z und t' aus. Vgl. ergänzend die Erläuterungen zu (D1.1a), (D1.1b) in Kap. 4.3.2.1. Vgl. bzgl. der Berücksichtigung eines mehrperiodigen, anhand seines Beginnzeitpunktes erfaßten „Nichteinsatzes im Leistungsprozeß“ im impliziten Ansatz die Erfassung der Einsatzalternative „Schulung-off-the-job“ - ohne Betrachtung des temporalen Zyklus - bei KOSSBIEL (1993), Sp. 3132f.; bzgl. einperiodiger Schulungsdauern SPENGLER (1998), S. 154

$\overline{PB}_{16} = \overline{PB}_{17} = 3$; der Personalbedarf für die Tätigkeiten im Bereich der Beckenaufsicht, wir bezeichnen sie als Tätigkeit der Art $q = 2$, beträgt einheitlich drei ($\overline{PB}_{2t} = 3 \forall t = 1, 2, \dots, 7$). Es können Arbeitskräfte folgender drei Kategorien bereitgestellt werden: $r = 1$, welche für Tätigkeiten der Art $q = 1$ qualifiziert sind, $r = 2$, welche für Tätigkeiten der Art $q = 2$ qualifiziert sind und $r = 3$, welche beide Tätigkeitsarten ausüben können. Die Obergrenze der Personalbereitstellung beträgt für alle Arbeitskräftekategorien vier. Die Personalkosten betragen für einfachqualifizierte Arbeitskräfte eine Geldeinheit ($\Phi_1 = \Phi_2 = 1$), für doppeltqualifizierte Arbeitskräfte 1,8 Geldeinheiten ($\Phi_3 = 1,8$). Die zu gewährenden Freizeitblöcke umfassen zwei- und drei Tage ($z = 1, 2, \bar{f}_1 = 2, \bar{f}_2 = 3$); sie können an allen sieben Tagen der Woche beginnen. Die Unternehmensleitung erstrebt die kostenminimale Personalausstattung. Innerhalb der Arbeitskräftekategorien werden homogene Arbeitszeitpräferenzen und -restriktionen angenommen. Abbildung 42 zeigt einen aus der Modellösung abgeleiteten Einsatzplan. In der zweiten Kopfzeile der Abbildung 42 weist die erste Zahl den Personalbedarf der Art $q = 1$, die zweite den der Art $q = 2$ aus. Die Modellösung selbst weist die Werte $PA_1 = 3, PA_2 = 4, PA_3 = 1$ (in Summe sind dies acht Arbeitskräfte) und die folgenden Freizeitblöcke $FT_1^{12}, FT_1^{14}, FT_1^{24}, FT_2^{12}, FT_2^{13}, FT_2^{15}, FT_2^{17}, FT_3^{27}$ aus. Der Zielfunktionswert beträgt 8,8. Werden die Bedarfe für jede Tätigkeitsart einzeln geplant und stehen jeweils nur einfachqualifizierte Arbeitskräfte zur Verfügung, weist die Lösung für das Modell der Tätigkeitsart $q = 1$ vier, für das Modell der Tätigkeitsart $q = 2$ fünf bereitzustellende Arbeitskräfte aus.

Abb. 42: Aus der niveau- und strukturbestimmten Personalausstattung exemplarisch abgeleiteter Einsatzplan (Modellösung D4)

$i \setminus t$	1		2		3		4		5		6		7	
PB	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	3	3	3	3
1	x		x		x		--		--		--		x	
2	x		x		x		--		--		x		x	
3	x		--		--		x		x		x		x	
4		--		--		--	x		x		x		x	
5		x		x		--	--		x		x		x	
6		x		x		x		x		--	--		x	
7		x		x		x		x		x		x		--
8	--	--	--	--	--	x	x	--	x	--	x	--	--	--

„--“, („x“) bedeutet: Freizeittag (Arbeitstag, d.h. Einsatz im Leistungsprozeß)

Die Einsatzpläne können categoriespezifisch aneinandergereiht werden. Exemplarisch arbeiten die Arbeitskräfte der Kategorie $r = 1$ nach folgendem Rhythmus: sieben Arbeitstagen folgen drei freie Tage (FT_1^{24}), dann vier Arbeitstage, zwei freie Tage (FT_1^{14}),

drei Arbeitstage und nochmals zwei freie Tage (FT_1^{12}); sie haben keinen arbeitsfreien Sonntag¹⁶⁰. Nach drei Wochen wiederholt sich ihr Gesamteinsatzplan, der Gesamteinsatzplan aller Arbeitskräftekategorien wiederholt sich nach 12 Wochen. Dies ist das kleinste gemeinsame Vielfache des dreiwöchigen Einsatzplanes für Arbeitskräfte der Kategorie $r = 1$ und des vierwöchigen Einsatzplanes für Arbeitskräfte der Kategorie $r = 2$. Die Arbeitskraft der Kategorie $r = 3$ arbeitet jede Woche nach dem gleichen Einsatzplan. Sie hat keinen freien Samstag, dafür stets die Freizeitkombination Sonntag-Montag-Dienstag. Die Personalbedarfsüberdeckung am Montag ergibt sich, da in der Zielfunktion - bei Annahme einer maximal fünftägigen Arbeitswoche (vgl. die Wirkung von (D4.2)) - nur die Personalkosten der bereitzustellenden Arbeitskräfte, nicht aber deren Arbeitstage minimiert werden.

4.3.3.2. Zusammenhängende Freizeittage bei Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten

Zur Integration von Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten in Modelle der reinen Personaleinsatzplanung, die Arbeitszeitformen mit möglichst vielen zusammenhängenden Freizeittagen und einer Höchstzahl zusammenhängender Arbeitstage abbilden, greifen wir auf das Ergebnis des Modells D4 sowie auf die Formulierungen des Modells D2 und des expliziten Ansatzes¹⁶¹ zurück. Aus der Lösung des Modells D4 übernehmen wir die nach ihrer Qualifikation differenzierte und in ihrem Niveau bestimmte Personalausstattung. Aus Modell D2 übernehmen wir die Abbildungszusammenhänge bzgl. der Dauer und Lage der Freizeittage; dabei müssen wir beachten, daß nur die resultierenden Einsatzpläne gleichqualifizierter Arbeitskräfte untereinander austauschbar sind. Die die Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten betreffenden Formulierungen orientieren wir an denen des expliziten Ansatzes: wir differenzieren den Personalbedarf nach unterschiedlichen Tätigkeitsarten und stimmen diesen mit dem Einsatz der Arbeitskräfte ab, die diese Tätigkeitsart ausführen können. Bei der Abstimmung des Personaleinsatzes mit der -ausstattung berücksichtigen wir die alternative Einsatzmöglichkeit „Freizeit“ und verlangen zwingend entweder einen Einsatz im Leistungsprozess oder eine Freizeitgewährung. Wir führen folgende Symbole ein:

Datum

\overline{PA}_r := Anzahl bereitgestellter Arbeitskräfte der Kategorie r

¹⁶⁰ Sollten solche Einsatzpläne langfristig vorgesehen werden, verstoßen sie gegen §11 ArbZG. Dieser fordert mindestens 15 freie Sonntage im Jahr. Andererseits könnte der wöchentliche freie Sonntag der Arbeitskraft $i = 8$ wiederholt gegen einen sonntäglichen Arbeitstag der Arbeitskraft der Kategorie $r = 1$ getauscht werden

¹⁶¹ Vgl. zu diesem Kap. 1.2.2, die folgenden Erläuterungen zu (D5.1) und (D5.2) sowie ausführlicher KOSSBIEL (1974), S. 15f., (1992b), Sp. 1660f., (1993), Sp. 3130f.

Variable

$$PE_{iq}^t := \begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ in Periode } t \text{ für Tätigkeitsart } q \text{ eingesetzt} \\ & \text{wird} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

Indexmenge

I_r := Menge gleichqualifizierter, individueller Arbeitskräfte i (verfügen über untereinander austauschbare Einsatzpläne)

MODELLFORMULIERUNG

Zielfunktion

$$\sum_{i=1}^I \left(\sum_{t=1}^T \Omega F^t \cdot FT_i^t + \sum_{y=1}^Y \Omega K^y \cdot C_i^y \right)^! = \max \quad (D2.Z)=(D5.Z)$$

Deckung des Personalbedarfs

$$\overline{PB}_q^t \leq \sum_{i \in I_q} PE_{iq}^t \quad \forall q = 1, 2, \dots, Q; \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (D5.1)$$

Abstimmung von Personaleinsatz und -verfügbarkeit

$$\sum_{q \in Q_i} PE_{iq}^t + FT_i^t = 1 \quad \forall t = 1, 2, \dots, T; \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (D5.2)$$

Mindestzahl Freizeittage pro Planungszeitraum für gleichqualifizierte Arbeitskräfte

$$\sum_{i \in I_r} \sum_{t=1}^T FT_i^t \geq \overline{F}^{\min} \cdot \overline{PA}_r \quad \forall r = 1, 2, \dots, R \quad (D2.2) \approx (D5.3)$$

Begrenzung der Arbeitstage zwischen zwei Freizeittagen

$$FT_i^t \leq \sum_{t'=t+1}^{\min\{T, t+1+\overline{g}\}} FT_i^{t'} + \sum_{t'=1}^{\min\{T, t+1+\overline{g}-T\}} FT_i^{t'} + \sum_{t'=1}^{t+1+\overline{g}-2T} FT_i^{t'}$$

$$\forall t = 1, 2, \dots, T$$

$$\forall i \in \{I_r, \text{ für die gilt: } \#I_r > 1\}$$

$$\forall r = 1, 2, \dots, R \quad (D2.3) \approx (D5.4)$$

Definition der zu bewertenden Freizeitkombinationen

$$\sum_{t \in I_y} FT_i^t - C_i^y \leq 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall y \in \underline{Y} \setminus \{Y^*\} \quad (D2.4a) = (D5.5a)$$

$$\sum_{t \in I_y} FT_i^t - 2 \cdot C_i^y \geq 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall y \in \underline{Y} \setminus \{Y^*\} \quad (D2.4b) = (D5.5b)$$

$$FT_i^T + FT_i^{I*} - C_i^{Y*} \leq 1 \quad \forall i \in I_r; \forall r = 1, 2, \dots, R \quad (D2.4c) \approx (D5.5c)$$

$$FT_i^T + FT_i^{I*} - 2 \cdot C_i^{Y*} \geq 0 \quad \forall i \in I_r; \forall r = 1, 2, \dots, R \quad (D2.4d) \approx (D5.5d)$$

Höchstzahl Freizeittage pro Arbeitskraft und Woche

$$\sum_{t=1}^T FT_i^t \leq \bar{F}^{\max} \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (D2.5) = (D5.6)$$

Höchstzahl wochenübergreifender Freizeittage pro Arbeitskraft

$$\sum_{t=6}^7 FT_i^t + \sum_{t=1}^2 FT_i^t \leq 3 \quad \forall i \in \{I_r, \text{für die gilt: } \#I_r > 1\} \\ \forall r = 1, 2, \dots, R \quad (D2.6) \approx (D5.7)$$

Nichtnegativitäts- und Ganzzahligkeitsbedingung

$$FT_i^t, C_i^y \in \{0, 1\} \quad \forall \text{ rel. } i, t, y$$

ERLÄUTERUNGEN ZU MODELL D5

Die Zielfunktion (vgl. (D5.Z)), die Restriktionen zur Definition der zu bewertenden Freizeitkombinationen, welche Freizeittage nur einer Woche umfassen (vgl. (D5.5a), (5.5b)), und die Restriktionen zur Begrenzung einer Höchstzahl Freizeittage pro Arbeitskraft und Woche (vgl. (D5.6)) entnehmen wir unverändert Modell D2. Die Restriktionen zur Begrenzung der Arbeitstage zwischen zwei Freizeittagen (vgl. (D5.4)), zur Begrenzung wochenübergreifender Freizeittage (vgl. (D5.7)) sowie zur Definition der zu bewertenden Freizeitkombinationen, welche Freizeittage zweier Wocheneinsatzpläne umfassen (vgl. (D5.5c), (5.5d)), modifizieren wir dahingehend, daß sie für alle individuellen Arbeitskräfte einer Gruppe gleichqualifizierter Arbeitskräfte zu formulieren sind ($\forall i \in \{I_r, \text{für die gilt: } \#I_r > 1\}$ bzw. $\forall i \in I_r, \forall r = 1, 2, \dots, R$)¹⁶². Aufgrund der Austauschbarkeit von Wocheneinsatzplänen nur gleichqualifizierter Arbeitskräfte formulieren wir auch die Restriktion, die eine Mindestzahl an Freizeittagen sicherstellt, separat für jede Gruppe gleichqualifizierter Arbeitskräfte (vgl. (D5.3)). Dies führt gegenüber (D2.2) zur Summation über $i \in I_r$, (statt über $i = 1, 2, \dots, I$) und zu R statt einer Ungleichung. Die Restriktionen zur Deckung des Personalbedarfs (vgl. (D5.1)) und zur Abstimmung von Personaleinsatz und -verfügbarkeit (vgl. (D5.2))

¹⁶² Vgl. bzgl. einer ausführlichen Erläuterung der Struktur von (D5.4) und (D5.7) Kap. 4.3.2.2. Umfaßt die Menge I_r nur eine Arbeitskraft, so wird diese jede Woche nach dem gleichen Einsatzplan eingesetzt. Bei mindestens zwei Freizeittagen arbeitet sie maximal fünf direkt aufeinanderfolgende Tage. (D5.4) und (D5.7) müssen für eine solche Arbeitskraft nicht formuliert werden; i^* ist dann in (D5.5c) und (D5.5d) identisch mit i (vgl. die Definition von i^*)

wollen wir aufgrund ihres neuen Charakters unter Rückgriff auf den expliziten Ansatz separat erklären.

Erläuterung zu den Restriktionen der Personalbedarfsdeckung und der Abstimmung von Personaleinsatz und -verfügbarkeit

Der explizite Ansatz sieht auf der Ebene der Kollektivplanung zwei separate Abstimmungs(un)gleichungen für die Abstimmung des Personalbedarfs mit dem Personaleinsatz und des Personaleinsatzes mit der Personalausstattung vor. Dazu wird in der ersten Abstimmung der nach Perioden und Tätigkeitsarten differenzierte Personalbedarf mit dem Einsatz aller Arbeitskräfte, die die betrachtete Tätigkeitsart ausführen können, (exakt) gedeckt. Wir haben dies - auf der Ebene der Individualplanung - in (D5.1) erfaßt, lassen aber - aufgrund der Gleichheitsbedingung in (D5.2) - Überdeckungen zu. In der Abstimmungsgleichung von Personaleinsatz und -verfügbarkeit (vgl. (D5.2)) übernehmen wir aus dem expliziten Ansatz der Kollektivplanung den Abbildungszusammenhang, daß in jeder Periode nicht mehr Arbeitskräfte eingesetzt werden können, als verfügbar sind. Wir individualisieren diese Aussage und beachten, daß eine Arbeitskraft nur dann im Leistungsprozeß eingesetzt werden kann, wenn sie verfügbar - also nicht in Freizeit - ist. Zusätzlich verlangen wir, daß sie entweder im Leistungsprozeß eingesetzt oder für eine Freizeit vorgesehen wird; wir erhalten dadurch in der Modellösung komplett bestimmte Einsatzpläne. Durch die Summation über alle Tätigkeitsarten, die die betrachtete Arbeitskraft ausführen kann, stellen wir sicher, daß je Periode nur eine Tätigkeitsart zur Ausführung vorgesehen wird.

PRAXISBEISPIEL

Zur Verdeutlichung der Wirkungsweise des Modells greifen wir auf die Daten der Beispiele der Modelle D2 und D4 zurück. Wir betrachten einen siebentägigen Planungszeitraum ($t = 1, 2, \dots, 7$). Der Personalbedarf für Tätigkeiten der Art $q = 1$ betrage werktags je zwei, wochenends je drei ($\overline{PB}_{11} = \overline{PB}_{12} = \dots = \overline{PB}_{15} = 2, \overline{PB}_{16} = \overline{PB}_{17} = 3$), der für Tätigkeitsart $q = 2$ stets drei Arbeitskräfte ($\overline{PB}_{21} = 3, \forall t = 1, 2, \dots, 7$). Es stehen drei Arbeitskräfte der Kategorie $r = 1$ ($Q_1 = \{1\}$), vier der Kategorie $r = 2$ ($Q_2 = \{2\}$) und eine der Kategorie $r = 3$ ($Q_3 = \{1, 2\}$) bereit. Bzgl. der Dauer und Lage der Freizeittage gilt die Vereinbarung der Betriebspartner, daß möglichst viele zusammenhängende, wochenendnahe Freizeittage gewährt werden sollen. Die Zahl der freien Tage pro Woche darf drei, bei Wochenendnähe vier zusammenhängende Tage nicht überschreiten. Die Zahl aufeinanderfolgender Arbeitstage ist auf maximal sechs begrenzt. Die (kollektiven) Präferenzwerte der Arbeitskräfte bzgl. der Dauer und Lage ihrer Freizeittage gestalten sich so, daß längere Freizeitblöcke stärker präferiert werden als kürzere. Freizeitblöcke, die das ganze Wochenende mit einschließen, werden Freizeitblöcken vorgezogen, die nur den Samstag oder Sonntag enthalten. Diese wiederum werden Freizeitblöcken vorgezogen, die sich nur aus Werktagen zusammensetzen.

zen. Dies führt zu folgenden Ausprägungen¹⁶³ von ΩK^y : $\Omega K^1 = \Omega K^2 = \Omega K^3 = \Omega K^4 = 2$, $\Omega K^5 = \Omega K^7 = 4$, $\Omega K^6 = 8$; der Wert eines einzelnen Freizeittages ist 1 ($\Omega F^1 = 1$, $\forall t = 1, 2, \dots, T$).

Abb. 43: Wocheneinsatzplan für Arbeitszeitformen mit möglichst vielen zusammenhängenden Freizeittagen bei Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten (Modellösung D5)

i \ t	1		2		3		4		5		6		7	
PB	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	3	3	3	3
1	--		--		x		x		x		x		x	
2	x		--		--		--		x		x		x	
3	x		x		x		--		--		x		x	
4		--		x		x		x		x		x		x
5		--		--		--		x		x		x		x
6		x		x		--		--		--		x		x
7		x		x		x		x		--		--		--
8	--	x	x	--	--	x	x	--	--	x	--	--	--	--

--¹⁶⁴(,,x¹⁶⁴) bedeutet: Freizeittag (Arbeitstag, d.h. Einsatz im Leistungsprozeß)

Abbildung 43 zeigt die Einsatzpläne der Planungswoche. In der zweiten Kopfzeile der Abbildung symbolisiert die erste (zweite) Zahl den Personalbedarf der Art $q = 1$ ($q = 2$). Die Einsatzpläne können categoriespezifisch aneinandergereiht werden. Der Zielfunktionswert beträgt 79. Exemplarisch arbeiten Arbeitskräfte der Kategorie $r = 1$ nach folgendem Rhythmus: zwei freien Tagen (C_1^1) folgen sechs Arbeitstage, dann drei freie Tage (C_2^2, C_3^2), sechs Arbeitstage, zwei freie Tage (C_3^3) und zwei Arbeitstage. Nach drei Wochen wiederholt sich der Gesamteinsatzplan für die betrachteten Arbeitskräfte, insgesamt arbeitet eine Arbeitskraft der Kategorie $r = 1$ innerhalb von drei Wochen an 14 Tagen, sieben Tage hat sie frei. Der Gesamteinsatzplan aller Arbeitskräftekategorien wiederholt sich nach 12 Wochen. Im Vergleich zum Einsatzplan der Modellösung D4 liegt kein Verstoß gegen die Höchstzahl zusammenhängender Arbeitstage vor; die Personalbedarfsüberdeckung wurde durch die Gewährung eines weiteren Freizeittages ausgeglichen. Die Arbeitskräfte $i = 1, 2, 3$ werden weiterhin jeden Sonntag für einen Einsatz vorgesehen. Wollte man dies (längerfristig) verhindern, müßte die doppelt qualifizierte Arbeitskraft - sie könnte z.B. den Betriebsleiter symbolisieren - an einigen ihrer freien Wochenendtagen für einen Einsatz vorgesehen werden, die einfach qualifizierten Arbeitskräfte hätten dann arbeitsfrei. Zur Verhin-

¹⁶³ Denkbar wäre gleichwohl eine Differenzierung der Freizeitpräferenzen nach den Gruppen gleichqualifizierter Arbeitskräfte, da nur innerhalb dieser Gruppen die individuellen Einsatzpläne austauschbar sein müssen.

derung solcher Einsatzpläne könnte - ähnlich der Restriktion über die geforderte Mindestzahl Freizeittage pro Planungszeitraum - für die Gruppen der gleichqualifizierten Arbeitskräfte eine Mindestzahl freier Samstage/Sonntage pro Planungszeitraum gefordert werden.

4.3.3.3. Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage bei Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten

Das zweite Modell der reinen Personaleinsatzplanung bei Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten bildet Arbeitszeitformen ab, deren Zahl zusammenhängender Arbeitstage sowohl einer Unter- als auch einer Obergrenze unterliegt. Es ist eine Synthese des Ergebnisses des Modells D4 sowie der Formulierungen des Modells D3 und des expliziten Ansatzes. Wie bereits in Modell D5 ist zu beachten, daß die resultierenden Wocheneinsatzpläne nur gleichqualifizierter Arbeitskräfte untereinander austauschbar sind. In der Modellformulierung wird in der Zielfunktion die Summe der (kollektiven) Freizeitpräferenzen der Arbeitskräfte für die Dauer und Lage der explizit vorgegebenen Freizeitblöcke maximiert. Im Restriktionsraum wird die Deckung des Personalbedarfs, die Übereinstimmung von Personaleinsatz und -verfügbarkeit, die Gewährung einer Mindestzahl Freizeittage pro Planungszeitraum, die Einhaltung der Unter- und Obergrenze zusammenhängender Arbeitstage sowie die Nichtnegativität und Ganzzahligkeit der Entscheidungsvariablen gesichert. Wir müssen keine neuen Symbole einführen.

MODELLFORMULIERUNG

Zielfunktion

$$\sum_{i=1}^I \sum_{z=1}^Z \sum_{t=1}^T \Omega B^{zt} \cdot FT_i^{zt} = \max \quad (D3.Z)=(D6.Z)$$

Deckung des Personalbedarfs

$$\overline{PB}_q^t \leq \sum_{i \in I_q} PE_{iq}^t \quad \forall q = 1, 2, \dots, Q$$

$$\forall t = 1, 2, \dots, T \quad (D5.1)=(D6.1)$$

Abstimmung von Personaleinsatz und -verfügbarkeit

$$\sum_{q \in Q_i} PE_{iq}^t + \sum_{z=1}^Z \left(\sum_{t'=\max\{1, t-\bar{f}_z+1\}}^t FT_i^{zt'} + \sum_{t'=t+T-\bar{f}_z+1}^T FT_i^{zt'} \right) = 1$$

$$\forall i \in I_r; \forall r = 1, 2, \dots, R$$

$$\forall t = 1, 2, \dots, \bar{f}^{\max} - 1 \quad (D6.2a)$$

$$\sum_{q \in \underline{Q}_i} PE_{iq}^t + \sum_{z=1}^Z \sum_{t'=t-\bar{f}_z+1}^t FT_i^{zt'} = 1$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I$$

$$\forall t = \bar{f}^{\max}, \bar{f}^{\max}+1, \dots, T \quad (D6.2b)$$

Mindestzahl Freizeittage pro Planungszeitraum für gleichqualifizierte Arbeitskräfte

$$\sum_{i \in \underline{I}_r} \sum_{z=1}^Z \sum_{t=1}^T \bar{f}_z \cdot FT_i^{zt} \geq \bar{F}^{\min} \cdot \overline{PA}_r \quad \forall r = 1, 2, \dots, R \quad (D3.2) \approx (D6.3)$$

Begrenzung der Arbeitstage zwischen zwei Freizeitblöcken

$$FT_i^{zt} \leq \sum_{z'=1}^Z \left(\min\{T, t+\bar{f}_z+\bar{g}\} \sum_{t'=t+\bar{f}_z+\bar{g}} FT_i^{z't'} + \min\{T, t+\bar{f}_z+\bar{g}-T\} \sum_{t'=\max\{1, t+\bar{f}_z+\bar{g}-T\}} FT_i^{z't'} + \sum_{t'=1}^{t+\bar{f}_z+\bar{g}-2T} FT_i^{z't'} \right)$$

$$\forall i \in \{I_r; \text{für die gilt: } \#I_r > 1\}$$

$$\forall r = 1, 2, \dots, R; \forall z = 1, 2, \dots, Z$$

$$\forall t = 1, 2, \dots, T \quad (D3.3) \approx (D6.4)$$

Gewährung einer Mindestzahl Arbeitstage zwischen zwei Freizeitblöcken

$$\underline{g} \cdot Z \cdot FT_i^{zt} + \sum_{z'=1}^Z \left(\min\{T, t+\bar{f}_z+\underline{g}-1\} \sum_{t'=t+\bar{f}_z} FT_i^{z't'} + \sum_{t'=1}^{t+\bar{f}_z+\underline{g}-1-T} FT_i^{z't'} \right) \leq \underline{g} \cdot Z$$

$$\forall i \in \underline{I}_r; \forall r = 1, 2, \dots, R$$

$$\forall z = 1, 2, \dots, Z$$

$$\forall t = 1, 2, \dots, T \quad (D3.4) \approx (D6.5)$$

Nichtnegativitäts- und Ganzzahligkeitsbedingung

$$FT_i^{zt}, PE_{iq}^t \in \{0,1\}$$

$$\forall \text{rel. } i, z, t, q$$

ERLÄUTERUNGEN ZU MODELL D6

Die Zielfunktion entnehmen wir direkt Modell D3, die Restriktion zur Deckung des Personalbedarfs direkt D5. Die Restriktionen zur Gewährung einer Mindestzahl Freizeittage pro Planungszeitraum für die Gruppen gleichqualifizierter Arbeitskräfte (vgl. (D6.3)) sowie zur Begrenzung der Arbeitstage zwischen zwei Freizeitblöcken (vgl. (D6.4)) formulieren wir in Anlehnung an die Restriktionen (D3.2) und (D3.3). Sie werden dahingehend modifiziert, daß sie für jede Gruppe gleichqualifizierter Arbeitskräfte

separat gültig sind¹⁶⁴. Da der Ausschluß von Freizeitblöcken während der Dauer der gewährten Freizeitblöcke bereits in der geforderten Gleichheit zwischen Personaleinsatz und -verfügbarkeit erfaßt ist, (vgl. (D6.2a), (D6.2b)), müssen wir in (D6.5) - anders als in (D3.4) - nur noch das Gewähren von Freizeiten während der Dauer der Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage verhindern. Auf deren Aufbau und Wirkungsweise sowie auf den Aufbau und die Wirkungsweise der Restriktionen (D6.2a) und (D6.2b) gehen wir im folgenden ausführlich ein.

Erläuterung zur Abstimmung von Personaleinsatz und -verfügbarkeit

Restriktion (D6.2) formulieren wir unter Rückgriff auf die Restriktionen (D3.1) und (D5.2). Sie stellt sicher, daß jede Arbeitskraft an jedem Planungstag entweder im Leistungsprozeß eingesetzt oder für eine Freizeit vorgesehen werden muß. Die im Vergleich zu (D5.2) recht aufwendige Formulierung zur Erfassung der Freizeitgewährung ergibt sich aus der Betrachtung (mehrtägiger) Freizeitblöcke, welche wir mit den Abbildungserfordernissen des „temporalen Zyklus“ und des „Arbeitskräftezyklus“ kombinieren müssen.

$$\sum_{q \in Q_i} PE_{iq}^t + \sum_{z=1}^Z \left(\sum_{t'=\max\{1, t-\bar{f}_z+1\}}^t FT_i^{zt'} + \sum_{t'=t+T-\bar{f}_z+1}^T FT_i^{zt'} \right) = 1$$

$$\forall i \in I_r; \forall r = 1, 2, \dots, R; \forall t = 1, 2, \dots, \bar{f}^{\max} - 1 \quad (D6.2a)$$

$$\sum_{q \in Q_i} PE_{iq}^t + \sum_{z=1}^Z \sum_{t'=t-\bar{f}_z+1}^t FT_i^{zt'} = 1$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t = \bar{f}^{\max}, \bar{f}^{\max} + 1, \dots, T \quad (D6.2b)$$

Auf den linken Gleichungsseiten sind alle Einsatzalternativen einer Arbeitskraft erfaßt. Die rechten Gleichungsseiten stellen sicher, daß zu einem Zeitpunkt nur eine der erfaßten Alternativen gewählt werden kann, eine solche zugleich gewählt werden muß¹⁶⁵. In der ersten Summation ist der Einsatz im Leistungsprozeß bei den Tätigkeitsarten erfaßt, die die Arbeitskraft grundsätzlich ausüben kann. In der zweiten Summation sind die Freizeitblöcke erfaßt, die den betrachteten Tag als Freizeittag vorsehen¹⁶⁶. Die Trennung der Restriktion in zwei Teilrestriktionen erfolgt, da in den ersten

¹⁶⁴ Diese Vorgehen praktizierten wir bereits bei Modell D5 für die Restriktionen (D5.3), (D5.4), (D5.6c), (D5.6d) und (D5.7). Vgl. Kap. 4.3.3.2.

¹⁶⁵ Durch die Normierung der Gleichung auf den Wert 1 wird sichergestellt, daß nur eine Variable der linken Gleichungsseite den Wert 1 annimmt: es erfolgt entweder ein Einsatz im Leistungsprozeß oder eine ein- oder mehrtägige Freizeit. Wir erreichen, daß stets komplette Einsatzpläne ausgewiesen werden, müssen aber zur Sicherung der Lösbarkeit des Modells Personalbedarfsüberdeckungen zulassen (vgl. (D6.1)).

¹⁶⁶ Dies erfolgt in exakt der gleichen Weise wie in Modell D1. Vgl. Kap. 4.3.2.1. Durch die Nor-

Perioden der zu planenden Woche zusätzlich zu den Arbeitskraft i gewährten Freizeitblöcken die Freizeitblöcke berücksichtigt werden müssen, die Arbeitskraft i ¹⁶⁷ gegen Ende ihres Wocheneinsatzplanes zugewiesen wurden, sofern sie in der betrachteten Periode noch eine Freizeit vorsehen (vgl. (D6.2a))¹⁶⁸. Im Allquantor berücksichtigen wir, daß alle in der Gleichung betrachteten Arbeitskräfte die gleiche Qualifikation aufweisen müssen, und daß die Berücksichtigung des Wocheneinsatzplanes der Arbeitskraft i bis zu der Periode relevant ist, die aufgrund des spätesten Beginnzeitpunktes der vorherigen Woche beim längsten Freizeitblock noch als Freizeittag vorgesehen werden kann ($t = 1, 2, \dots, \bar{t}^{\max} - 1$). Folgende für den Zeitpunkt $t = 1$ ($t = 5$) ausformulierte Restriktionen für eine Arbeitskraft $i = 3$, die zusammen mit den Arbeitskräften $i = 4, 5$ ($I_r = \{3, 4, 5\}$) die Tätigkeitsarten $q = 1$ und $q = 2$ ausüben und eine ein-, zwei- oder dreitägige Freizeit erhalten kann ($z = 1, 2, 3, \bar{f}_1 = 1, \bar{f}_2 = 2, \bar{f}_3 = 3$), verdeutlichen den Zusammenhang:

$$\underbrace{PE_{31}^1 + PE_{32}^1}_{\text{Einsatz im Lei-}} + \underbrace{FT_3^{11} + FT_3^{21} + FT_3^{31}}_{\text{Freizeiten, die in}} + \underbrace{FT_5^{27} + FT_5^{36} + FT_5^{37}}_{\text{Freizeiten, die im Einsatzplan von } i = 5 \text{ be-}} = 1 \quad (\text{D6.2a})$$

Einsatzprozess $t = 1$ beginnen gonnen haben und in $t = 1$ des Einsatzplans
von $i = 3$ noch einen freien Tag vorsehen

$$\underbrace{PE_{31}^5 + PE_{32}^5}_{\text{Einsatz im Lei-}} + \underbrace{FT_3^{15} + FT_3^{25} + FT_3^{35}}_{\text{Freizeiten, die in}} + \underbrace{FT_3^{24} + FT_3^{33} + FT_3^{34}}_{\text{Freizeiten, die vor } t = 5 \text{ begonnen haben}} = 1 \quad (\text{D6.2b})$$

Einsatzprozess $t = 5$ beginnen und in $t = 5$ noch einen freien Tag vorsehen

Erläuterung zur Gewährung einer Mindestzahl Arbeitstage zwischen zwei Freizeitblöcken

Wird einer Arbeitskraft eine Freizeit gewährt, darf dieser Arbeitskraft während der Dauer der geforderten Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage keine weitere Freizeit zugewiesen werden (Ausschlußbedingung). Die auszuschließenden Freizeiten sind durch unterschiedliche Dauern und durch unterschiedliche Beginnzeitpunkte determiniert. Für den Fall, daß einer Arbeitskraft i in $t = 5$ eine zweitägige Freizeit ($\bar{f}_2 = 2$) gewährt wurde, welcher mindestens drei zusammenhängende Arbeitstage folgen müssen ($g = 3$), weist Abbildung 44 die durch ihren Beginnzeitpunkt und ihre

mierung der Gleichung auf 1, ist zugleich sichergestellt, daß einander überlappende Freizeitblöcke nicht gewährt werden.

¹⁶⁷ Die Arbeitskraft i ist die Arbeitskraft, deren Wocheneinsatzplan im Gesamteinsatzplan dem Einsatzplan der betrachteten Arbeitskraft (i) vorausläuft.

¹⁶⁸ Vgl. Abb. 31 in Kap. 4.3.1.1, sowie die Formulierung von (D3.4) in Kap. 4.3.2.3. Dort hatten wir erstmals die Arbeitskraft betrachtet, deren Wocheneinsatzplan im Gesamteinsatzplan der betrachteten Arbeitskraft direkt vorausläuft.

Dauer bestimmten Freizeitblöcke aus, die im Gesamteinsatzplan dieser Arbeitskraft nicht ausgewiesen werden dürfen¹⁶⁹.

Abb. 44: Visualisierung der während der Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage auszuschließenden Freizeitblöcke

Be- ginn- zeitpunkte	Perio- den	„standardisierte Woche“ Arbeitskraft i					„standardisierte Woche“ Arbeitskraft i*					
		Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	...
f ₂ =2	Fr			x	x	◆	◆	◆				
f ₁ =1	So					x						
	Mo						x					
	Di							x				
f ₂ =2	So					x	x					
	Mo						x	x				
	Di							x	x			
f ₃ =3	So					x	x	x				
	Mo						x	x	x			
	Di							x	x	x		

„x“ bedeutet: Freizeittag des in t begonnenen Freizeitblocks

„◆“ bedeutet: Arbeitstag aufgrund der Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage

In der Kopfzeile sind ausgewählte Planungstage der Arbeitskräfte i und i* erfaßt. In der Kopfspalte ist zunächst die Dauer, dann der Beginnzeitpunkt der gewährten Freizeit sowie die Dauer und die Beginnzeitpunkte der auszuschließenden Freizeiten erfaßt. Die erste Zeile der Tabelle signalisiert den gewährten Freizeitblock z ($\bar{f}_2 = 2, t = 5$, hellgrau schattiert) sowie die Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage („◆“). Die in den folgenden Zeilen dunkelgrau schattierten Felder markieren die Beginnzeitpunkte der Freizeitblöcke (z'), die aufgrund der geforderten Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage nicht gewährt werden dürfen. Es fällt auf, daß diese alle zur gleichen Zeit beginnen und sich nur in ihrer Dauer unterscheiden. Wir können den Ausschluß unzulässiger Freizeitblöcke wie folgt erfassen:

$$g \cdot Z \cdot FT_i^{zt} + \sum_{z'=1}^Z \left(\min \left\{ T, t + \bar{f}_z + g - 1 \right\} \sum_{t'=t+\bar{f}_z}^{t+\bar{f}_z+g-1-T} FT_i^{z't'} + \sum_{t'=1}^{t+\bar{f}_z+g-1-T} FT_{i^*}^{z't'} \right) \leq g \cdot Z$$

$$\forall i \in I_r; \forall r = 1, 2, \dots, R; \forall z = 1, 2, \dots, Z; \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (D3.4) \approx (D6.5)$$

¹⁶⁹ Abb. 44 entspricht in ihrem Aufbau Abb. 39, zeigt aber nur noch die Lage der Freizeitblöcke, die aufgrund der geforderten Mindestzahl an Arbeitstagen auszuschließen sind. Freizeitblöcke, die sich mit der gewährten Freizeit überlappen sind bereits in (D6.2) ausgeschlossen.

Der erste Term der linken Ungleichungsseite symbolisiert den der Arbeitskraft i gewährten Freizeitblock (z, t) multipliziert mit der Zahl der in der folgenden Summation erfaßten Variablen. In der Summation sind die anhand ihrer Beginnzeitpunkte und ihrer Dauer bestimmten Freizeitblöcke (z', t') erfaßt, die bei Gewährung des Freizeitblockes z in Periode t im Zeitraum der einzuplanenden Mindestarbeitstage liegen. Die temporalen Summationsgrenzen der auszuschließenden Freizeitblöcke ergeben sich aus dem Beginnzeitpunkt der gewährten Freizeit zuzüglich deren Dauer ($t' = t + \bar{f}_z$) und reichen bis zum letzten Tag des Zeitraums der einzuplanenden Mindestarbeitstage ($t' = t + \bar{f}_z + g - 1$). Sie werden aufgrund der Planungssituation „standardisierte Woche“ von den Abbildungserfordernissen des „temporalen Zyklus“ dominiert: wir können Arbeitskraft i nur bis zum Wochenende betrachten und müssen dann auf den Wocheneinsatzplan der folgenden Arbeitskraft (i^*) zurückgreifen¹⁷⁰. Die rechte Ungleichungsseite restringiert die linke Seite auf maximal die Zahl der auszuschließenden Freizeitblöcke; diese ist identisch mit dem Multiplikator der Variablen, die den gewährten Freizeitblock symbolisiert¹⁷¹. Durch diese Beschränkung müssen alle in der Summation erfaßten Variablen den Wert 0 annehmen wenn Freizeitblock z in Periode t Arbeitskraft i zugewiesen wird; die entsprechenden Freizeiten können nicht gewährt werden. Wird Freizeitblock z in Periode t Arbeitskraft i nicht zugewiesen, wirkt die Restriktion nicht beschränkend. Für eine beliebige Arbeitskraft i , der in Periode $t = 1$ ($t = 5$) ein Freizeitblock von zweitägiger Dauer ($\bar{f}_2 = 2$) zugewiesen wird, und für die Regelung, daß zwischen zwei Freizeitblöcken eine Arbeitszeitdauer von mindestens drei Tagen liegen muß ($g = 3$), lautet die ausformulierte Restriktion (D6.5) bei der Annahme, daß ein-, zwei- und dreitägige Freizeiten gewährt werden können ($z = 1, 2, 3, \bar{f}_1 = 1, \bar{f}_2 = 2, \bar{f}_3 = 3$) wie folgt:

$$9 \cdot FT_i^{21} + FT_i^{13} + FT_i^{14} + FT_i^{15} + FT_i^{23} + FT_i^{24} + FT_i^{25} + FT_i^{33} + FT_i^{34} + FT_i^{35} \leq 9$$

$$9 \cdot FT_i^{25} + FT_i^{17} + FT_i^{11*} + FT_i^{12*} + FT_i^{27} + FT_i^{21*} + FT_i^{22*} + FT_i^{37} + FT_i^{31*} + FT_i^{32*} \leq 9$$

Modell D6 ist aufgrund der Erfassung von in ihrer Dauer unterschiedenen Freizeitblöcken im Vergleich zu Modell D5 - wie bereits Modell D3 im Vergleich zu Modell D2 - mit einer relativ großen Restriktionszahl verbunden. Da es zudem keine grundsätzlich neuen Abbildungsinhalte enthält, wollen wir für D6 keinen weiteren Einsatzplan des konstruierten Praxisbeispiels präsentieren.

¹⁷⁰ Vgl. die Minimumsbedingung der ersten Summationsobergrenze sowie die Einführung der zweiten Summation. Es wird berücksichtigt, daß der explizit geplante Zeitraum nur T-Perioden umfaßt, die relevanten Wirkungen des abzubildenden Sachverhalts aber über diesen Zeitraum hinausreichen. Vgl. ähnlich die Summationsgrenzen von (D3.4) in Kap. 4.3.2.3. Wir mußten einen dritten Term für Arbeitskraft i^{**} erfassen, wenn die Dauer der gegen Wochenende gewährten Freizeit und die Mindestarbeitstage den Planungszeitraum T um mindestens den Wert 2 übersteigt (z.B.: $t = 7, \bar{f}_2 = 3, g = 6$ oder $t = 7, \bar{f}_2 = 4, g = 5$).

¹⁷¹ Wir erkennen die Abbildungssituation 2 in Kap. 4.1.2

4.4. Anwendungsfall tour-scheduling: Verknüpfung der Planungszeiträume Tag und Woche

4.4.1. Planungsrelevante Systematik der Arbeitszeitformen

Der Anwendungsfall tour-scheduling verknüpft die Problemstellungen des days-off mit denen des shift-scheduling. In sukzessiven oder simultanen Planungsschritten werden gemäß dem Vorgehen des days-off-scheduling die Dauer und Lage zusammenhängender Freizeittage, gemäß dem Vorgehen des shift-scheduling die Lage, bei offenen Arbeitszeitdauern auch die Dauer der täglichen Arbeitszeit sowie die Lage der Pausenzeit bestimmt. Wird ein sukzessives Planungsvorgehen gewählt, so wird zunächst über die Dauer und Lage der zusammenhängenden Freizeit-/Arbeitstage entschieden¹⁷²; anschließend folgt die Bestimmung der Lage, bei offenen Arbeitszeitdauern auch der Dauer der täglichen Arbeitszeit sowie gegebenenfalls der Lage der Pausenzeit für die arbeitskraftspezifisch bestimmten Arbeitstage¹⁷³. Bei einem simultanen Planungsvorgehen werden innerhalb eines Modells sowohl die Dauer und Lage zusammenhängender Freizeittage als auch die Lage, bei offenen Arbeitszeitdauern auch die Dauer der täglichen Arbeitszeit sowie gegebenenfalls die Lage der Pausenzeit bestimmt. Das Niveau (und die Struktur) der Personalausstattung nehmen wir als gegeben an. Unabhängig vom Planungsvorgehen ist in den Modellen des tour-scheduling die Integration von Mindestruhezeiten von Interesse, bei Modellen mit offenen Arbeitszeitformen zudem die Integration von Ausgleichszeiträumen. In Abbildung 45 sind beide Vorgehensweisen in eine Systematik planungsrelevanter Arbeitszeitformen überführt.

Abb. 45: Planungsrelevante Systematik der Arbeitszeitformen für den Anwendungsfall tour-scheduling

	GEGEBENE tägliche Arbeitszeitdauer	OFFENE tägliche Arbeitszeitdauer
GEGEBENE Struktur der Arbeits- und Freizeittage	Modell T1	Modell T2
OFFENE Struktur der Arbeits- und Freizeittage	Modell T3, T4	Modell T5

Liegt eine „gegebene Struktur der Arbeits- und Freizeittage“ vor, befinden wir uns im sukzessiven Planungsbereich; bei einer „offenen Struktur der Arbeits- und Freizeittage“ liegt eine Simultanplanung vor. Beide können wir mit den Arbeitszeitformen gegebener (täglicher) Arbeitszeitdauer (erste Spalte) bzw. offener (täglicher) Arbeits-

¹⁷² Die Modellformulierungen des days-off-scheduling werden exakt übernommen. Es erfolgt zunächst die Bestimmung der Personalausstattung (vgl. Modell D1 bzw. D4), anschließend die Bestimmung der Dauer und Lage der Freizeittage (vgl. Modell D2, D3 bzw. D6).

¹⁷³ Dieses Vorgehen entspricht dem des shift-scheduling, angewandt auf mehrere Tage.

zeitdauer (zweite Spalte) kombinieren. Wir erhalten folgende planungsrelevanten Arbeitszeitformen:

- Gegebene Struktur der Arbeits- und Freizeittage bei gegebener Dauer und variabler Lage der täglichen Arbeitszeit (Modell T1). Die Beteiligten wissen zu Beginn der Planung, wer an welchen Tagen wie lange arbeiten wird, ohne die exakte Lage der täglichen Arbeitszeit zu kennen.
- Gegebene Struktur der Arbeits- und Freizeittage bei offener Dauer und variabler Lage der täglichen Arbeitszeit (Modell T2). Die Beteiligten wissen zu Beginn der Planung, wer an welchen Tagen arbeiten wird, ohne die exakte Dauer und Lage der täglichen Arbeitszeit zu kennen.
- Offene Struktur der Arbeits- und Freizeittage bei gegebener Dauer und variabler Lage der täglichen Arbeitszeit (Modelle T3, T4). Die Beteiligten kennen zu Beginn der Planung nur die tägliche Arbeitszeitdauer der einzelnen Arbeitskräfte, ohne zu wissen, wer an welchen Tagen zu welchen Zeiten arbeitet. Die Differenzierung in die Modelle T3 und T4 ergibt sich aufgrund der beiden unterschiedlichen, die Struktur der Arbeits- und Freizeittage bestimmenden Arbeitszeitformen (Arbeitszeitformen, deren Zahl zusammenhängender Arbeitstage nur einer Ober- oder auch einer Untergrenze unterliegen).
- Offene Struktur der Arbeits- und Freizeittage bei offener Dauer und variabler Lage der täglichen Arbeitszeit (Modell T5). Die Beteiligten kennen zu Beginn der Planung nur den zu verteilenden Arbeitszeitrahmen (z.B. wöchentlich 38 Stunden) sowie die zu beachtenden arbeitszeitrechtlichen Rahmenbedingungen, die tages- und wochenbezogene Arbeitszeiten werden durch das Modell bestimmt¹⁷⁴.

Arbeitszeitformen mit offenen Arbeitszeitdauern werden wir zusätzlich zu den in der Abbildung ausgewiesenen Modellen um die Abbildung von Ausgleichszeiträumen erweitern (Modellmodifikation zu T2); allgemein Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten integrieren (Modell TQ). Bzgl. der Praxisrelevanz der bearbeiteten Problemstellungen verweisen wir auf die Ausführungen in Kapitel 4.3.1.2. Die Beispiele zur Demonstration der Wirkungsweise der Modelle beschränken wir - aufgrund der beim tour-scheduling großen, strukturierten Planungszeiträume¹⁷⁵ - auf nur wenige Tage umfassende Zeiträume. Nur so können wir die Übersichtlichkeit derselben wahren.

¹⁷⁴ Bei der Formulierung dieses Modells werden wir sowohl auf die Abbildungserfordernisse der Arbeitszeitformen mit möglichst vielen zusammenhängenden Freizeittagen als auch auf die Abbildungserfordernisse von Arbeitszeitformen mit einer Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage eingehen, ohne explizit zwei unterschiedliche Modelltypen zu formulieren.

¹⁷⁵ Die Planung einer Sieben-Tage-Woche mit einer z.B. 15stündigen Betriebszeitdauer führt bereits zu $7 \cdot 15 \cdot 2 = 210$ Planungsperioden, bei einer exemplarischen Personalausstattung von vier Personen zu allein $210 \cdot 4 = 840$ Personaleinsatzvariablen.

4.4.2. Arbeitszeitformen mit gegebener Struktur der Arbeits- und Freizeittage

4.4.2.1. Gegebene Struktur der Arbeitstage bei gegebener Arbeitszeitdauer und expliziter Berücksichtigung von Mindestruhezeiten

Für den Abbildungsfall einer gegebenen Struktur der Arbeits- und Freizeittage übertragen wir die Modellformulierungen des shift-scheduling auf mehrere Tage und erweitern diese um die explizite Berücksichtigung von Mindestruhezeiten. Die Abbildungserfordernisse der Einhaltung einer Mindestruhezeit hatten wir in Kapitel 3.4.2 erarbeitet. Wir werden diese für den Fall von Betriebszeiten, welche mehr als 13 Stunden umfassen, in das Modell gegebener Arbeitszeitdauern mit dem Erfordernis einer Pause (S1) integrieren¹⁷⁶. Dabei gehen wir, anders als bei den Modellen des days-off- und den Modellen des tour-scheduling bei offener Struktur der Arbeits- und Freizeittage, von der Planungssituation „explizite Woche“ aus. Die Arbeitskräfte können sich - bei weiterhin zyklisch schwankendem Personalbedarf - in der von ihnen zur Verfügung gestellten Arbeitszeitdauer und in ihren Präferenzen bzgl. der Arbeitszeitlage unterscheiden. Dies führt in der Modellformulierung allein zur Berücksichtigung des „temporalen Zyklus“. Der „Arbeitskräftezyklus“ entfällt, die Arbeitskräfte arbeiten nach dem Ende des mehrere Tage umfassenden Planungszeitraums wieder nach ihrem individuellen Plan des ersten Tages. Wir unterstellen Bereitstellungs- und Verwendungseindeutigkeit und bilden in der Modellformulierung folgende Zusammenhänge ab: Der Personalbedarf ist während aller Halbstundenabschnitte eines jeden Tages mit allen Arbeitskräften zu decken, die am betrachteten Tag verfügbar sind. Es ist sicherzustellen, daß die Arbeitskräfte an ihren Arbeitstagen während der gesamten Dauer ihrer Arbeitszeit eingesetzt werden. Vor dem Beginn und nach dem Ende der arbeitskraftspezifischen Anwesenheitszeit darf kein Einsatz geplant werden. Den Arbeitskräften ist eine in ihrer Lage rechtlich zulässige Pause sowie die gesetzlich geforderte Mindestruhezeit zu gewähren. Zur Abbildung der die Chronologie der stundenbezogenen Arbeits- und Freizeitzeit¹⁷⁷ betreffenden Regelungen ist der Einsatzbeginnzeitpunkt für jede Arbeitskraft und jeden ihrer Arbeitstage zu erkennen und erzwingen. In der Zielfunktion wird die Summe der Arbeitnehmerpräferenzen maximiert. Wir führen folgende neue Symbole ein:

¹⁷⁶ Bei der Betrachtung von Arbeitszeitdauern ohne Pausenerfordernis (vgl. Modell S0) entfielen die Restriktion zur Begrenzung der zulässigen Pausenlage. Bei Arbeitszeitdauern mit dem Erfordernis von zwei Pausen (vgl. Modell S2), mußten die Restriktionen zum Erkennen und Erzwingen der Lage der ersten Pause und zur Begrenzung der zulässigen Lage der zweiten Pause hinzugefügt werden. Wir beschränken uns aus Gründen der Vereinfachung auf Arbeitszeitdauern mit einer Pause und können damit einen Großteil der gängigen Arbeitszeiten abbilden.

¹⁷⁷ Freizeit beschreibt hier sowohl den Nichteinsatz in Folge einer Pause als auch den Nichteinsatz in Folge der arbeitskraftspezifischen Ruhezeit.

Datum

\bar{B} := Dauer der betriebsspezifischen Ruhezeit, gemessen in Perioden (halbstündige Abschnitte)

\bar{B}^{\min} := Mindestdauer einer zusammenhängenden Ruhezeit für Arbeitskräfte, gemessen in Perioden (halbstündige Abschnitte)

\overline{PB}_s^t := Personalbedarf in Periode s (s ist ein halbstündiger Abschnitt) des Tages t

Variablen

PE_{is}^t := $\begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ in Periode } s \text{ des Tages } t \text{ eingesetzt wird} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$

u_{is}^t := $\begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ in Periode } s \text{ des Tages } t \text{ mit ihrem Einsatz beginnt} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$

Koeffizienten

Ω_1^{st} := Präferenzwert der Arbeitskraft i für die Lage der Arbeitszeit (erfaßt anhand des Beginnzeitpunktes s) im Arbeitstag t

Ω_1^{pst} := Präferenzwert der Arbeitskraft i für die Lage der Pause (erfaßt anhand der Periode s) im Arbeitstag t

Indices/Indexmengen

t^* := Index zur Kennzeichnung des arbeitskraftspezifischen Arbeitstages, der dem betrachteten Arbeitstag t direkt folgt¹⁷⁸

I_t := Menge der Arbeitskräfte i, die in Periode t (t ist ein Tag) verfügbar sind

T_t := Menge der Perioden t (t ist ein Tag), in denen Arbeitskraft i verfügbar ist

MODELLFORMULIERUNG

Zielfunktion

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i \in I_t} \left(\sum_{s=1}^{S-A_i+1} \Omega_1^{st} \cdot u_{is}^t - \sum_{s=1}^S \Omega_1^{pst} \cdot PE_{is}^t \right) = \max \quad (S1.Z) \approx (T1.Z)$$

SHIFT: Deckung des Personalbedarfs

$$\overline{PB}_s^t \leq \sum_{i \in I_t} PE_{is}^t \quad \forall s = 1, 2, \dots, S$$

$$\forall t = 1, 2, \dots, T \quad (S0.1) \approx (T1.1)$$

¹⁷⁸ Vgl. ähnlich die Definition von i^* in Kap. 4.3.2.2 sowie die dortigen Erläuterungen; ergänzend die Ausführungen zu den „temporalen Zyklen“ und den „Arbeitskräftezyklen“ in Kap. 4.3.1.1.

SHIFT: Sicherstellen der gegebenen Arbeitszeitdauer

$$\sum_{s=1}^S PE_{is}^t = \overline{AZ}_i \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t \in \underline{T}_i \quad (S0.2) \approx (T1.2)$$

SHIFT: Erkennen der täglichen Beginnzeitpunkte

$$PE_{is}^t - \sum_{s'=1}^{s-1} PE_{is'}^t \leq u_{is}^t \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t \in \underline{T}_i$$

$$\forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{A}_i + 1 \quad (S0.3) \approx (T1.3)$$

SHIFT: Erzwingen eines Beginnzeitpunktes

$$\sum_{s=1}^{S - \overline{A}_i + 1} u_{is}^t = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t \in \underline{T}_i \quad (S1.4) \approx (T1.4)$$

TOUR: Einhaltung einer Mindestruhezeit

$$u_{is}^t + \sum_{s'=1}^{\overline{B}^{\min} - (48 - (s + \overline{A}_i - 1))} u_{is'}^{t*} \leq 1$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t \in \underline{T}_i$$

$$\forall s = 48 - \overline{A}_i - \overline{B}^{\min} + 2, \dots, S - \overline{A}_i + 1 \quad (T1.5)$$

SHIFT: Kein Einsatz nach dem Ende der Anwesenheitsdauer

$$(S - (s + \overline{A}_i) + 1) \cdot u_{is}^t + \sum_{s'=s+\overline{A}_i}^S PE_{is'}^t \leq S - (s + \overline{A}_i) + 1$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t \in \underline{T}_i$$

$$\forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{A}_i \quad (S1.5) \approx (T1.6)$$

SHIFT: Gewährleisten der zulässigen Pausenlage

$$\sum_{s'=s+\overline{A}_i - \overline{AD}^{\max}}^{s+\overline{AD}^{\max}} PE_{is'}^t + u_{is}^t \leq 2 \cdot \overline{AD}^{\max} - \overline{A}_i + 2$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t \in \underline{T}_i$$

$$\forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{A}_i + 1 \quad (S1.6) \approx (T1.7)$$

Nichtnegativitäts- und Ganzzahligkeitsbedingung

$$PE_{is}^t, u_{is}^t \in \{0, 1\} \quad \forall \text{rel. } i, s, t$$

ERLÄUTERUNGEN ZU MODELL T1

Das Modell setzt sich primär aus den Formulierungen der Modelle S0 und S1 zusammen, lediglich Restriktion (T1.5) erfasst den völlig neuen Sachverhalt der Einhaltung

einer Mindestruhezeit zwischen zwei Arbeitstagen. Die Zielfunktion (vgl. (T1.Z)), die Restriktionen zur Personalbedarfsdeckung (vgl. (T1.1)), zum Sicherstellen der gegebenen Arbeitszeitdauer (vgl. (T1.2)), zum Erkennen und Erzwingen der täglichen Beginnzeitpunkte (vgl. (T1.3), (T1.4)), zum Verhindern eines Einsatzes nach dem Ende der täglichen Anwesenheitsdauer (vgl. (T1.6)) und zum Gewährleisten der zulässigen Pausenlage (vgl. (T1.7)) entnehmen wir dem Bereich des shift-scheduling. Wir modifizieren sie dahingehend, daß sie einerseits für unterschiedliche Planungstage gültig sind¹⁷⁹, andererseits nur für die Tage formuliert werden, an denen die betrachtete Arbeitskraft verfügbar ist ($t \in \underline{T}_i$; bzw. in (T1.Z) und (T1.1) Summation über $i \in \underline{I}$)¹⁸⁰. Wir erläutern im folgenden die neu formulierte Restriktion (T1.5). Sie entspricht der Abbildungssituation 2 in Kapitel 4.1.2.

Erläuterung zur Einhaltung einer Mindestruhezeit

Die explizite Berücksichtigung der Einhaltung von Mindestruhezeiten ist immer dann erforderlich, wenn zwischen dem grundsätzlich möglichen Ende einer (arbeitskraftspezifischen) Anwesenheitszeit und dem grundsätzlich möglichen Beginn der folgenden Anwesenheitszeit ein Zeitraum liegt, der kürzer ist als die (gesetzlich) geforderte Mindestruhezeit der Arbeitskräfte. Eine solche Situation liegt vor, wenn die Dauer der betriebsspezifischen Ruhezeit (\bar{B})¹⁸¹ kürzer ist als die Mindestdauer der einer Arbeitskraft zu gewährenden Ruhezeit (\bar{B}^{\min}); es ist dann für jede Arbeitskraft sicherzustellen, daß sie zwischen zwei Arbeitstagen eine Mindestruhezeit von \bar{B}^{\min} erhält¹⁸². Dazu müssen für jede Arbeitskraft und für jeden Planungstag, der für die betrachtete Arbeitskraft als Arbeitstag vorgesehen ist, all diejenigen Einsatzbeginnzeitpunkte ausgeschlossen werden, die abhängig vom Einsatzende des vorangegangenen Arbeitstages noch innerhalb der zu gewährenden Mindestruhezeit liegen. Dabei bestimmt sich das Einsatzende des vorangegangenen Arbeitstages aus dem Einsatzbeginn und der arbeitskraftspezifischen Anwesenheitsdauer dieses Tages ($s + A_1 - 1$). Die Lage und Zahl der unzulässigen Einsatzbeginnzeitpunkte am folgenden Arbeitstag er-

¹⁷⁹ Dies führt zu einer zusätzlichen Indizierung des nun auch täglich zu deckenden, weiterhin in Halbstundenabschnitten schwankenden Personalbedarfs sowie der Variablen des Personaleinsatzes und des Beginnzeitpunktes mit dem Index t ($\bar{P}B_t^i$, PE_t^i , u_t^i). Wir lassen die Möglichkeit zu, daß die Arbeitszeitpräferenzen von Tag zu Tag variieren (Ω_t^L, Ω_t^R).

¹⁸⁰ Vgl. zur ausführlichen Erläuterung des Aufbaus und der Wirkungsweise der Zielfunktion und der Restriktionen die Erläuterungen zu (S0.1), (S0.2), (S0.3) in Kap. 4.2.2.1, sowie die Erläuterungen zu (S1.Z), (S1.4), (S1.5) und (S1.6) in Kap. 4.2.2.2.

¹⁸¹ Diese ergibt sich aus der Differenz des 24-stündigen Betriebstages abzüglich der Dauer der Betriebs(aktiven)zeit.

¹⁸² Bei der Betrachtung zweier Arbeitstage ist es irrelevant, ob diese direkt aufeinanderfolgen. Liegt zwischen ihnen eine Sonn-/Feiertagsruhe oder ein Ersatzruhetag, so sind nach §11 (4) ArbZG diese unmittelbar in Verbindung mit der Ruhezeit zu gewähren. Wir übertragen diese Regelung auf alle Freizeittage, so daß zwischen zwei Arbeitstagen stets eine elfstündige Ruhezeit zu beachten ist, unabhängig davon, wieviele freie Tage zwischen den beiden liegen.

gibt sich aus der Differenz zwischen der geforderten (\bar{B}^{\min}) und der gewährten Ruhezeit. Die gewährte Ruhezeit ist die Differenz zwischen dem 24-stündigen Betriebstag und dem Ende der arbeitskraftspezifischen Anwesenheitsdauer ($48 - (s + \bar{A}_1 - 1)$). Abbildung 46 verdeutlicht diesen Zusammenhang im oberen Teil für eine 15-stündige Betriebszeitdauer ($S = 30$) - es ergibt sich eine Betriebsruhezeit von 9 Stunden ($\bar{B} = 18$) - im unteren Teil für eine 14-stündige Betriebszeitdauer ($S = 28, \bar{B} = 20$)¹⁸³.

Abb. 46: Auszuschließende Beginnzeitpunkte bei einer Mindestruhezeit von $\bar{B}^{\min} = 22$, einer Betriebsruhezeit von $\bar{B} = 18$ (20) [$S = 30$ (28)] und Anwesenheitsdauern von $\bar{A}_1 = 14, \bar{A}_2 = 15$

t		1																												2				
A	s	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	\bar{B}	1	2	3	4	5								
14	-	-	-	-	-	u	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	18	-	-	-	-	u'	
	-	-	-	-	u	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	18	-	-	-	u'	x	-	-	-	-	u'	x	
	-	-	-	u	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	18	-	-	-	u'	x	x	-	-	-	-	u'	x
	-	u	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	18	u'	x	x	x	x	-	-	-	-	u'	x
15	-	-	-	-	u	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	18	-	-	-	-	u'	-	
	-	-	-	u	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	18	-	-	-	u'	x	-	-	-	-	u'	x	
	-	-	u	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	18	-	-	-	u'	x	x	-	-	-	-	u'	x
	u	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	18	u'	x	x	x	x	-	-	-	-	u'	x

t		1																												2				
A	s	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	\bar{B}	1	2	3	4	5										
14	-	-	-	u	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	20	-	-	-	-	u'	x	x	
	-	-	u	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	20	-	-	-	u'	x	x	-	-	-	-	u'	x	
	-	u	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	20	u'	x	x	x	x	-	-	-	-	u'	x	
15	-	-	u	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	20	-	-	-	-	u'	x	x		
	-	u	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	20	-	-	-	u'	x	x	-	-	-	-	u'	x

Legende:

- „u“ bedeutet: Beginnzeitpunkt der betrachteten Arbeitskraft am betrachteten Tag (zählt mit zur Anwesenheitszeit)
- „x“ bedeutet: Anwesenheitszeit (Arbeits- und Pausenzeit)
- „-“ bedeutet: keine Anwesenheitszeit
- bedeutet: Perioden, in denen aufgrund der geforderten Mindestruhezeit kein Einsatz vorgesehen werden darf
- „u'“ bedeutet: Periode, in der am folgenden Tag erstmals ein Einsatz beginnen darf (zählt mit zur Anwesenheitszeit)

¹⁸³ Eine 14stündige Betriebszeit ist Ergebnis der Ausschöpfung der (werktaglichen) Regelungen des Ladenschlußgesetzes. Diese erlauben eine werktagliche Öffnungszeit von 6.00 bis 20.00 Uhr, was zu einer Betriebszeit von 14 Stunden, somit zu einer „betrieblichen Ruhezeit“ von 10 Stunden führt. Diese ist kürzer als die arbeitskraftspezifische Mindestruhezeit von 11 Stunden

Die betrachteten Anwesenheitsdauern - sie sind in der Kopfspalte erfaßt - umfassen sieben- bzw. siebeneinhalb Stunden ($\bar{A}_1 = 14$, $\bar{A}_2 = 15$). Die ersten Kopfzeilen zeigen jeweils zwei (aufeinanderfolgende) Tage, welche für die betrachtete Arbeitskraft beide als Arbeitstag vorgesehen sind. Die zweiten Kopfzeilen weisen die für den abzubildenden Sachverhalt relevanten Perioden der 15(14)stündigen Betriebszeitdauer aus¹⁸⁴, die Dauer der Betriebsruhezeit [$\bar{B} = 18$ (20)] sowie die für die Problemstellung relevanten Halbstundenabschnitte zu Beginn des zweiten Arbeitstages¹⁸⁵. Zeile 2 der ersten Tabelle, diese sei exemplarisch betrachtet, liest sich wie folgt: wenn eine Arbeitskraft am betrachteten Tag $t = 1$ in Periode $s = 16$ ihre siebenstündige Anwesenheitsdauer beginnt, dann darf für sie am folgenden Arbeitstag - nach Einhaltung ihrer Mindestruhezeit - frühestens ab der vierten Periode ein neuer Einsatz geplant werden. Restriktion (T1.5) bildet dies wie folgt ab:

$$u_{is}^t + \sum_{s'=1}^{\bar{B}^{\min} - (s + \bar{A}_i - 1)} u_{is'}^{t*} \leq 1$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t \in \underline{T}_i; \forall s = 48 - \bar{A}_i - \bar{B}^{\min} + 2, \dots, S - \bar{A}_i + 1 \quad (\text{T1.5})$$

Auf der linken Ungleichungsseite der Restriktion ist der Einsatzbeginnzeitpunkt erfaßt, der abhängig von der arbeitskraftspezifischen Anwesenheitsdauer, vom 24stündigen Betriebstag und von der geforderten Mindestruhezeit eine Einhaltung derselben bis zum Beginn des folgenden Betriebstages nicht gewährleisten kann¹⁸⁶. Zu diesem sind in der Summation die Variablen addiert, die einen Einsatzbeginn am folgenden

¹⁸⁴ Dies sind die Perioden, in denen ein Einsatzbeginn bewirkt, daß die geforderte arbeitskraftspezifische Mindestruhezeit am betrachteten Betriebstag gerade noch [$s = 48 - \bar{A}_i - \bar{B}^{\min} + 1$ (für $\bar{A}_i = 14$: $s = 13$, für $\bar{A}_i = 15$: $s = 12$)] oder nicht mehr [$s = 48 - \bar{A}_i - \bar{B}^{\min} + 2, \dots, S - \bar{A}_i + 1$ (für $\bar{A}_i = 14$: $s = 14, \dots, 17$ bzw. $s = 14, \dots, 15$, für $\bar{A}_i = 15$: $s = 13, \dots, 16$ bzw. $s = 13, 14$)] erfüllt werden kann sowie alle diesen folgenden Perioden [$s = S - \bar{A}_i + 2, \dots, S$ (für $\bar{A}_i = 14$: $s = 18, \dots, 30$ bzw. $16, \dots, 28$, für $\bar{A}_i = 15$: $s = 17, \dots, 30$ bzw. $15, \dots, 28$)].

¹⁸⁵ Dies sind die Perioden, in denen ein neuerlicher Einsatzbeginn verhindert werden muß („-“, grau schattiert) bzw. in denen erstmals ein Einsatzbeginn möglich ist („u“). Ihre Lage wird vom arbeitskraftspezifischen Einsatzbeginnzeitpunkt (s), der geforderten Mindestruhezeitdauer (\bar{B}^{\min}) und der Anwesenheitsdauer (\bar{A}_i) des vorangegangenen Arbeitstages nicht aber von der betrieblichen Ruhezeit bestimmt (vgl. in der ersten wie in der zweiten Tabelle z.B. $s = 14$: in beiden Tabellen ist bei einem Einsatzbeginn in $s = 14$ und einer Anwesenheitsdauer von $\bar{A}_i = 14$ (15) ein Einsatzbeginn in $s = 1$ ($s = 1, 2$) des folgenden Tages zu verhindern).

¹⁸⁶ Vgl. die Bestimmung des Allquantors: $\forall s = 48 - \bar{A}_i - \bar{B}^{\min} + 2, \dots, S - \bar{A}_i + 1$. Die letzte Periode, ab der die geforderte Mindestruhezeit innerhalb des betrachteten Betriebstags gerade noch erfüllt werden kann, bestimmt sich aus der 24stündigen Dauer des Betriebstags abzüglich der Dauer der zu erfüllenden Anwesenheits- und Mindestruhezeit ($s = 48 - \bar{A}_i - \bar{B}^{\min} + 1$). Folglich ist die darauffolgende Periode die erste Periode, ab der die geforderte Mindestruhezeit innerhalb des betrachteten Betriebstags nicht mehr erfüllt werden kann. Gleiches gilt für alle folgenden Einsatzbeginnzeitpunkte, bis zum letzten

Arbeitstag symbolisieren, der aufgrund der geforderten Mindestruhezeit der betrachteten Arbeitskraft nicht zugewiesen werden darf. Dazu erfaßt die Summationsuntergrenze die erste Periode des folgenden Tages. Die Summationsobergrenze bestimmt sich aus der geforderten abzüglich der gewährten Ruhezeit: Wir subtrahieren vom chronometrisch bestimmten Ende des Betriebstages (48) das chronologisch bestimmte Ende der Anwesenheitszeit der Arbeitskraft ($s + \bar{A}_i - 1$) und erhalten die Zeitdauer, die der Arbeitskraft nach dem Ende ihres Einsatzes bis zum Beginn des folgenden Betriebstages als Ruhezeit zur Verfügung steht ($48 - (s + \bar{A}_i - 1)$). Diese subtrahieren wir von der geforderten Ruhezeit und erhalten die Zahl der Perioden, die aufgrund der einzuhaltenden Mindestruhezeit nicht für einen Einsatzbeginn vorgesehen werden dürfen. Um die so bestimmten Einsatzbeginnzeitpunkte des folgenden Betriebstages (nur) dann auszuschließen, wenn der betrachtete Einsatzbeginnzeitpunkt des Betriebstages t vorliegt, beschränken wir die rechte Ungleichungsseite auf den Wert 1; alle Variablen der erfaßten Einsatzbeginnzeitpunkte (s') des folgenden Arbeitstages (t^*) der betrachteten Arbeitskraft (i) müssen den Wert 0 annehmen, sobald $u_{is}^1 = 1$ ist¹⁸⁷. Für eine beliebige Arbeitskraft (i), eine Betriebszeitdauer von 15 Stunden ($S = 30, \bar{B} = 18$), eine Mindestruhezeit von elf Stunden ($\bar{B}^{\min} = 22$), eine arbeitskraftspezifische Arbeitszeitdauer von sechseinhalb Stunden ($\bar{AZ} = 13, \bar{A} = 14$), den Beginnzeitpunkt $s = 16$ und die Tage $t = 1$ bzw. $t = 7$ (deren folgende Tage für die betrachtete Arbeitskraft ebenfalls Arbeitstage sind) lautet die ausformulierte Restriktion wie folgt:

$$t = 1: \quad u_{i16}^1 + u_{i1}^2 + u_{i2}^2 + u_{i3}^2 \leq 1$$

$$t = 7: \quad u_{i16}^7 + u_{i1}^1 + u_{i2}^1 + u_{i3}^1 \leq 1$$

PRAXISBEISPIEL

Zur Demonstration der Wirkungsweise des Modells greifen wir auf folgende, rein fiktive Daten zurück: Wir betrachten drei aufeinanderfolgende Arbeitstage ($T = 3$), eine zehnstündige Betriebszeitdauer ($S = 20$) und drei Arbeitskräfte ($I = 3$). Die Arbeitskräfte stellen an allen drei Tagen jeweils siebeneinhalb Arbeitsstunden ($\bar{AZ} = 14, \bar{A} = 15$) zur Verfügung. Ihnen steht jeweils eine halbstündige Pause zu. Diese ist so zu plazieren, daß nicht mehr als sechs zusammenhängende Arbeitsstunden ($\bar{AD}^{\max} = 12$) eingeplant werden. Aus der zehnstündigen Betriebszeit ergibt sich eine Betriebsruhezeit von 14 Stunden ($\bar{B} = 28$), die einen längeren Zeitraum umfassende Mindestruhezeit der Arbeitskräfte legen wir mit $15\frac{1}{2}$ Stunden fest ($\bar{B}^{\min} = 31$). Auf-

¹⁸⁷ Ist $u_{is}^1 = 0$ (es bedarf keines Ausschlusses der folgenden Beginnzeitpunkte) kann - aufgrund von (T1.4) - höchstens eine der summierten Hilfsvariablen den Wert 1 annehmen. Wir müssen - anders als bei den Ausschlußbedingungen in (S0.5), (S1.5), (SQ.6), (T1.6), (T2.6), (T2.8), (T3.5) - auch sie entsprechen der Abbildungssituation 2 in Kap. 4.1.2 - in (T1.5) die Steuervariable nicht mit der Zahl der auszuschließenden Variablen multiplizieren sowie die rechte Ungleichungsseite auf diesen Wert beschränken.

grund der 20 Perioden umfassenden Betriebszeit können die Arbeitskräfte frühestens in $s = 1$, spätestens in $s = 6$ mit ihrem Einsatz beginnen. Beginnen sie in der Periode $s = 6$ ($s = 5$ bzw. $s = 4$), dürfen sie - aufgrund der geforderten Mindestruhezeit - am folgenden Arbeitstag frühestens ab der Periode $s' = 4$ ($s' = 3$ bzw. $s' = 2$) mit ihrem Einsatz beginnen. In der Zielfunktion betrachten wir (individuelle) Lagepräferenzen für die Einsatzbeginnzeitpunkte. Ihre Werte sind so gewählt, daß sie Verstöße gegen die Einhaltung der Mindestruhezeit provozieren (vgl. Abbildung 47). Abbildung 48 zeigt den Einsatzplan der Lösung. Die fett gedruckten Symbole markieren die binäre Hilfsvariable (u_{is}) der Ausprägung 1, die grau schattierten Felder die präferierten Einsatzbeginnzeitpunkte der Arbeitskräfte. Der Wert der Zielfunktion ist 20.

Abb. 47: Präferenzwerte der Arbeitskräfte für Modell T1

t	1						2						3					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1			1	3	5		5	3	1							5	3	1
2				5	3	1		1	3	5				5	3	1		
3		5	3	1						1	3	5	5	3	1			

In Abbildung 48 erkennen wir, daß die Arbeitskräfte alle während der (von ihnen) vorgegebenen Arbeitszeitdauer arbeiten, vor dem Beginn und nach dem Ende der Anwesenheitszeit ist kein Einsatz vorgesehen. Die (nicht mit Präferenzwerten gewichteten) Pausen sind so plaziert, daß in keinem Fall mehr als sechs zusammenhängende Stunden gearbeitet werden. Den Präferenzen der Arbeitskräfte bzgl. der Lage ihrer Arbeitszeit konnten an fünf der neun Einsatztage entsprochen werden. So beginnen in $t = 2$ alle Arbeitskräfte ihren Einsatz in präferierten Perioden. In $t = 3$ erhält nur $i = 2$ eine präferierte Arbeitszeitalage; $i = 3$ kann aufgrund ihres späten Arbeitszeitendes in $t = 2$ (dieses ergibt sich aufgrund des präferierten späten Einsatzbeginns in $t = 2$) in keiner der von ihr präferierten Perioden beginnen, so daß $i = 1$ den von der Struktur des Personalbedarfs verlangten (ungewünschten) frühen Einsatzbeginn wahrnehmen muß. Ebenfalls aufgrund der Struktur des Personalbedarfs muß in $t = 1$ eine Arbeitskraft in $s = 1$ mit ihrem Einsatz beginnen, auch wenn keine dies wünscht. Das Modell wählt dafür Arbeitskraft $i = 1$, da $i = 3$ aufgrund ihres späten Einsatzendes in $t = 3$ nicht zu Beginn von $t = 1$ mit ihrem Einsatz beginnen kann und $i = 2$ einen ihrer präferierten Einsatzbeginnzeitpunkte erhält.

Abb. 48: Einsatzplan des tour-scheduling mit optimierter Lage der Arbeitszeit bei gegebener Arbeitszeitdauer und expliziter Berücksichtigung von Mindestruhezeiten (Modellösung T1)

t	1																			
s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PB	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
1	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x
A	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-

t	2																			
s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PB	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1
1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	-	-	-	-	-
2	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	-
3	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x
A	-	-	-	1	-	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1	-	-

t	3																			
s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PB	1	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	-	-	-	-	-
2	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x
A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	-	2	-	-	-	-	-

„x“/„-“ bedeutet: Einsatz/kein Einsatz im Leistungsprozeß

„A“ bedeutet: Personalüberausstattung

4.4.2.2. Gegebene Struktur der Arbeitstage bei offener Arbeitszeitdauer und expliziter Berücksichtigung von Mindestruhezeiten

Der Abbildungsfall einer gegebenen Struktur der Arbeits- und Freizeittage bei offenen täglichen Arbeitszeitdauern und der expliziten Berücksichtigung von Mindestruhezeiten ist eine Synthese der Restriktionen der Modelle S0a und S1a mit denen des Modells T1. Wir greifen auf die Annahmen des Modells T1 zurück und ergänzen diese um die Annahme modellendogen zu entscheidender Arbeitszeitdauern mit dem Erfordernis einer Pause. Zur Erfassung der Abbildungssituation offener täglicher Arbeitszeitdauern im Anwendungsfall tour-scheduling führen wir folgendes neues Symbol ein:

Variable

$$a_{ik}^t := \begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ am Tag } t \text{ mit Arbeitszeitkategorie } k \text{ bereit -} \\ & \text{gestellt wird} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

MODELLFORMULIERUNG

Zielfunktion

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i \in \underline{I}_t} \left(\sum_{s=1}^{S-\bar{A}_i^{\min}+1} \Omega L_i^{st} \cdot u_{is}^t + \sum_{k \in \underline{K}_i} \Omega A^k \cdot a_{ik}^t \right) = \max \quad (S1a.Z) \approx (T2.Z)$$

SHIFT: Deckung des Personalbedarfs

$$\overline{PB}_s^t \leq \sum_{i \in \underline{I}_t} PE_{is}^t \quad \forall s = 1, 2, \dots, S; \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (T1.1) = (T2.1)$$

SHIFT: Einsatz während der Dauer der zu wählenden Arbeitszeitkategorie

$$\sum_{s=1}^S PE_{is}^t = \sum_{k \in \underline{K}_i} \bar{A}_k \cdot a_{ik}^t \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t \in \underline{T}_i \quad (S0a.2) \approx (T2.2)$$

SHIFT: Erzwingen einer Arbeitszeitkategorie

$$\sum_{k \in \underline{K}_i} a_{ik}^t = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t \in \underline{T}_i \quad (S0a.3) \approx (T2.3)$$

SHIFT: Erkennen der Beginnzeitpunkte

$$PE_{is}^t - \sum_{s'=1}^{s-1} PE_{is'}^t \leq u_{is}^t \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t \in \underline{T}_i$$

$$\forall s = 1, 2, \dots, S - \bar{A}_i^{\min} + 1 \quad (S1a.4) \approx (T2.4)$$

SHIFT: Erzwingen eines Beginnzeitpunktes

$$\sum_{s=1}^{S-\bar{A}_i^{\min}+1} u_{is}^t = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t \in \underline{T}_i \quad (S1a.5) \approx (T2.5)$$

SHIFT: Ausschluß unzulässiger Beginnzeitpunkte in Abhängigkeit von der gewählten Arbeitszeitkategorie

$$\left(\bar{A}_k - \bar{A}_i^{\min} \right) \cdot a_{ik}^t + \sum_{s=S-\bar{A}_k+2}^{S-\bar{A}_i^{\min}+1} u_{is}^t \leq \bar{A}_k - \bar{A}_i^{\min}$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t \in \underline{T}_i$$

$$\forall k \in \underline{K}_i \setminus \{k, \text{ für die gilt: } \bar{A}_k = \bar{A}_i^{\min} \} \quad (S1a.6) \approx (T2.6)$$

TOUR: Einhaltung einer Mindestruhezeit

$$a_{ik}^t + u_{is}^t + \sum_{s'=1}^{\bar{B}^{\min} - (48 - (s + \bar{A}_k - 1))} u_{is'}^t \leq 2$$

$$\forall k = 1, 2, \dots, K; \forall i \in \underline{I}_k$$

$$\forall t \in \underline{T}_i$$

$$\forall s = 48 - \bar{A}_k - \bar{B}^{\min} + 2, \dots, S - \bar{A}_k + 1 \quad (T1.5) \approx (T2.7)$$

SHIFT: Kein Einsatz nach dem Ende der Anwesenheitsdauer

$$(S - (s + \bar{A}_k) + 1) \cdot (a_{ik}^t + u_{is}^t) + \sum_{s'=s+\bar{A}_k}^S PE_{is'}^t \leq 2 \cdot (S - (s + \bar{A}_k) + 1)$$

$$\forall k = 1, 2, \dots, K; \forall i \in \underline{I}_k$$

$$\forall t \in \underline{T}_i$$

$$\forall s = 1, 2, \dots, S - \bar{A}_k \quad (S1a.7) \approx (T2.8)$$

SHIFT: Gewährleisten der zulässigen Pausenlage

$$\sum_{s'=s+\bar{A}_k-1-\bar{AD}^{\max}}^{s+\bar{AD}^{\max}} PE_{is'}^t + a_{ik}^t + u_{is}^t \leq 2 \cdot \bar{AD}^{\max} - \bar{A}_k + 3$$

$$\forall k = 1, 2, \dots, K; \forall i \in \underline{I}_k$$

$$\forall t \in \underline{T}_i$$

$$\forall s = 1, 2, \dots, S - \bar{A}_k + 1 \quad (S1a.8) \approx (T2.9)$$

Nichtnegativitäts- und Ganzzahligkeitsbedingung

$$PE_{is}^t, u_{is}^t, a_{ik}^t \in \{0, 1\} \quad \forall \text{rel. } i, t, s, k$$

ERLÄUTERUNGEN ZU MODELL T2

Die Restriktion zur Deckung des Personalbedarfs (vgl. (T2.1)) können wir unverändert Modell T1 entnehmen. Die Restriktionen zur Abstimmung des Personaleinsatzes mit der Dauer der (zwingend) zu wählenden Arbeitszeitkategorie (vgl. (T2.2), (T2.3)) entnehmen wir Modell S0a. Die Zielfunktion (vgl. (T2.Z)) und die Restriktionen zum Erkennen und Erzwingen der Beginnzeitpunkte (vgl. (T2.4), (T2.5)), zum Ausschluß unzulässiger Beginnzeitpunkte (vgl. (T2.6)), zum Verhindern eines Einsatzes nach dem Ende der täglichen Anwesenheitsdauer (vgl. (T2.8)) und zum Gewährleisten der zulässigen Pausenlage (vgl. (T2.9)) entstammen Modell S1a. Wir modifizieren sie dahingehend, daß sie einerseits für unterschiedliche Planungstage gültig sind, andererseits nur für die Tage formuliert werden, an denen die betrachtete Arbeitskraft ver-

füßbar ist¹⁸⁸. Die Restriktionen zur Einhaltung der Mindestruhezeit (vgl. (T2.7)) lehnen wir an die Formulierung der Restriktion (T1.5) an und ergänzen diese um die Binärvariable zum Erkennen der zugewiesenen Arbeitszeitkategorie, die rechte Ungleichungsseite erhöhen wir auf den Wert 2. Aufgrund ihrer Komplexität erläutern wir diese im folgenden ausführlich.

Erläuterung zur Einhaltung einer Mindestruhezeit

Die Einhaltung der arbeitskraftspezifischen Ruhezeit von gesetzlich elf Stunden ist dann zu restringieren, wenn die Ruhezeit des Betriebes kürzer ist als die Mindestruhezeit der Arbeitskräfte. Alle arbeitskraftspezifischen Einsatzbeginnzeitpunkte, die abhängig von der endogen bestimmten Arbeitszeitdauer nach dem Ende der Anwesenheitszeit (des betrachteten Tages) bis zum erstmöglichen Einsatzbeginn des folgenden Arbeitstages die geforderte Mindestruhezeit nicht einhalten können, sind dann zu verhindern. Lage und Zahl der zu verhindernden Einsatzbeginnzeitpunkte bestimmen sich - wie bereits in Restriktion (T1.5) - aus der geforderten abzüglich der gewährten Ruhezeit.

$$a_{ik}^t + u_{is}^t + \sum_{s'=1}^{\bar{B}^{\min} - (48 - (s + \bar{A}_k - 1))} u_{is'}^{t*} \leq 2$$

$$\forall k = 1, 2, \dots, K; \forall i \in I_k; \forall t \in \underline{I}_i$$

$$\forall s = 48 - \bar{A}_k - \bar{B}^{\min} + 2, \dots, S - \bar{A}_k + 1 \quad (T2.7)$$

Auf der linken Ungleichungsseite von (T2.7) erfassen wir die Variable des Einsatzbeginnzeitpunktes (u_{is}^t), der abhängig von der Dauer der modellendogen bestimmten Arbeitszeitkategorie die Einhaltung der geforderten Mindestruhezeit nicht gewähren kann. Wir addieren die Variable der zu wählenden Arbeitszeitkategorie (a_{ik}^t) und in der Summation die Variablen, die einen zu verhindernden Einsatzbeginn am nächsten Tag symbolisieren ($u_{is'}^{t*}$). Deren Lage erstreckt sich vom ersten Halbstundenabschnitt des folgenden Tages bis zu dem Halbstundenabschnitt, der gerade noch im Zeitraum der zu gewährenden Ruhezeit liegt. Dieser ergibt sich aus der geforderten abzüglich der gewährten Ruhezeit ($\bar{B}^{\min} - [48 - (s + \bar{A}_k - 1)]$)¹⁸⁹. Da (nur) dann, wenn sowohl die betrachtete Arbeitszeitkategorie als auch der betrachtete (späte) Einsatzbeginn vorliegen ($a_{ik}^t = 1, u_{is}^t = 1$) alle in der Summation erfaßten Einsatzbeginnzeitpunkte des folgenden Arbeitstages den Wert 0 annehmen müssen, beschränken wir die rechte Ungleichungsseite auf den Wert 2. Liegt nur die betrachtete Arbeitszeitkategorie, nur der betrachtete Einsatzbeginnzeitpunkt oder weder die betrachtete Arbeitszeitkategorie

¹⁸⁸ Ein solches Vorgehen wählten wir bereits bei Modell T1. Es führt zur zusätzlichen Indizierung der Entscheidungsvariablen mit dem Index t, im Allquantor zur Formulierungsvorschrift $\forall t \in \underline{I}_i$, bzw. in (T2.Z) zur Summation über $i \in \underline{I}_i$.

¹⁸⁹ Vgl. ergänzend noch einmal die Erläuterungen zu Abb. 46 und zu (T1.5) in Kap. 4.4.2.1.

noch der betrachtete Einsatzbeginnzeitpunkt vor, wirkt Restriktion (T2.7) nicht restringierend. Die Restriktion ist für alle Arbeitszeitkategorien $k = 1, 2, \dots, K$, für alle Arbeitskräfte, die nach der betrachteten Arbeitszeitkategorie eingesetzt werden können ($i \in I_k$), für alle Arbeitstage einer Arbeitskraft ($t \in \underline{T}$) sowie für alle Einsatzbeginnzeitpunkte zu formulieren, die die geforderte Mindestruhezeit nicht gewähren können. Für den Fall einer beliebigen Arbeitskraft (i), einer Betriebszeitdauer von 15 Stunden ($S = 30$), einer Mindestruhezeit von elf Stunden ($\bar{B}^{\min} = 22$), dem Beginnzeitpunkt $s = 16$ sowie den möglichen Arbeitszeitkategorien von sechseinhalb- und siebenstündiger Dauer ($k = 1, 2, \bar{A}_1 = 14, \bar{A}_2 = 15$) und den Tagen $t = 1$ bzw. $t = 7$ (deren folgende Tage ebenfalls Arbeitstage sind) lautet die ausformulierte Restriktion wie folgt:

$$k = 1, t = 1: \quad u_{i16}^1 + a_{i1}^1 + u_{i1}^2 + u_{i2}^2 + u_{i3}^2 \leq 2$$

$$t = 7: \quad u_{i16}^7 + a_{i1}^7 + u_{i1}^1 + u_{i2}^1 + u_{i3}^1 \leq 2$$

$$k = 2, t = 1: \quad u_{i16}^1 + a_{i2}^1 + u_{i1}^2 + u_{i2}^2 + u_{i3}^2 + u_{i4}^2 \leq 2$$

$$t = 7: \quad u_{i16}^7 + a_{i2}^7 + u_{i1}^1 + u_{i2}^1 + u_{i3}^1 + u_{i4}^1 \leq 2$$

PRAXISBEISPIEL

Zur Demonstration der Wirkungsweise des Modells greifen wir auf die fiktiven Daten des Modells T1 zurück und modifizieren diese bzgl. der von den Arbeitskräften zur Verfügung gestellten Arbeitszeitdauer. Wir betrachten drei aufeinanderfolgende Arbeitstage ($T = 3$), eine zehnstündige Betriebszeit ($S = 20$) und drei Arbeitskräfte ($I = 3$). Alle Arbeitskräfte sind bereit, täglich zwischen sechseinhalb und acht Stunden zu arbeiten, ihnen steht jeweils eine halbe Stunde Pause zu. Diese ist so zu platzieren, daß nicht mehr als sechs zusammenhängende Arbeitsstunden ($\overline{AD}^{\max} = 12$) eingeplant werden. Es ergeben sich vier Arbeitszeitkategorien ($k = 1, 2, 3, 4$; $\overline{AZ}_1 = 13$ ($\bar{A}_1 = 14$), $\overline{AZ}_2 = 14$ ($\bar{A}_2 = 15$), $\overline{AZ}_3 = 15$ ($\bar{A}_3 = 16$), $\overline{AZ}_4 = 16$ ($\bar{A}_4 = 17$)) und folgende Mengen arbeitszeitkategorie-spezifischer Beginnzeitpunkte: $\underline{S}_1 = \{1, 2, \dots, 7\}$, $\underline{S}_2 = \{1, 2, \dots, 6\}$, $\underline{S}_3 = \{1, 2, \dots, 5\}$, $\underline{S}_4 = \{1, 2, \dots, 4\}$. Aus der zehnstündigen Betriebszeit folgt eine 14-stündige Betriebsruhezeit ($\bar{B} = 28$). Die einen längeren Zeitraum umfassende Mindestruhezeit der Arbeitskräfte legen wir mit $15\frac{1}{2}$ Stunden fest ($\bar{B}^{\min} = 31$). In der Zielfunktion betrachten wir die gleichen Präferenzen zur Arbeitszeitlage wie in Modell T1; sie sind so gewählt, daß sie Verstöße gegen die Einhaltung der Mindestruhezeit provozieren. Wir ergänzen diese um die (dominanten) Präferenzen der Unternehmensleitung für möglichst kurze Arbeitszeiten (vgl. Abbildung 49)¹⁹⁰. Abbildung 50 zeigt den Einsatzplan der Lösung. Die fett gedruckten Symbole markieren die binäre Hilfsvariable ($u_{i,s}$) des Wertes 1, die grau schattierten

¹⁹⁰ Vgl. für die Wahl der Präferenzwerte die Ausführungen zum Praxisbeispiel des Modells S0a in Kap. 4.2.3.1.

Felder die präferierten Einsatzbeginnzeitpunkte der Arbeitskräfte. Der Wert der Zielfunktion beträgt 155.

Abb. 49: Präferenzwerte für Modell T2

t	1						2						3					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1			1	3	5		5	3	1							5	3	1
2				5	3	1		1	3	5				5	3	1		
3		5	3	1						1	3	5	5	3	1			

k	1	2	3	4
ΩA^k	16	11	6	1

Abb. 50: Einsatzplan des tour-scheduling mit optimierten stundenbezogenen Arbeitszeiten und expliziter Berücksichtigung von Mindestruhezeiten (Modellösung T2)

t	1																			
s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PB	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
1	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x
2	-	-	-	-	-	-	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-
A	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

t	2																			
s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PB	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1
1	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x
2	-	-	-	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	-	-	-	-	-	-
A	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-

t	3																			
s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PB	1	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
1	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x
2	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	-	-	-	-	-
3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	-	-	-	-	-	-
A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-

„x“/„-“ bedeutet: Einsatz/kein Einsatz im Leistungsprozeß
 „A“ bedeutet: Personalüberausstattung

Die Struktur des Personalbedarfs, die von den Arbeitskräften angebotenen (Mindest-)Arbeitszeiten und die Zielfunktion bewirken, daß - außer für Arbeitskraft $i = 1$ in $t = 3$ - eine tägliche Arbeitszeit von stets sechseinhalb Stunden vorgesehen wird. Gegenüber Modell T1, bei welchem eine tägliche Arbeitszeitdauer von sieben Stunden vorgegeben war, konnte die Personalübersausstattung von siebeneinhalb auf dreieinhalb Stunden reduziert werden. Präferierte Einsatzbeginnzeiten konnten an vier der neun geplanten Arbeitstagen gewährt werden: in $t = 3$ erhalten alle, in $t = 2$ nur $i = 2$ und in $t = 1$ keine Arbeitskraft einen präferierten Einsatzbeginn. In $t = 1$ kann $i = 1$ aufgrund ihres späten Arbeitsendes in $t = 3$ nicht zu Tagesbeginn für einen Einsatz vorgesehen werden, das Modell wählt $i = 3$ für den von der Struktur des Personalbedarfs verlangten frühen Beginn. Dieses wiederholt sich in $t = 2$. Zusätzlich dominiert in $t = 1$ (und 2) die vom Unternehmen präferierte kürzere Arbeitszeitdauer die Lagepräferenzen der Arbeitskräfte, so daß $i = 1$ und $i = 2$ in $t = 1$ (sowie $i = 1$ in $t = 2$) erst in der von ihnen ungewünschten Periode $s = 7$ mit ihrem Einsatz beginnen. Die geforderte Mindestruhezeit sowie die übrigen Arbeitszeitrestriktionen wurden eingehalten.

4.4.2.3. Integration von Ausgleichszeiträumen in Modelle mit offenen Arbeitszeitdauern

Ausgleichszeiträume beschreiben einen mehrere Perioden umfassenden Zeitraum, innerhalb dessen eine Arbeitskraft ein vorab vereinbartes Arbeitszeitvolumen erbringen muß. Sie sind von Relevanz, wenn unregelmäßige Arbeitszeitdauern vorliegen. Ihre rechtliche Zulässigkeit ergibt sich aus den in Kapitel 3.4.3 analysierten gesetzlichen und tariflichen Regelungen. In ihrer zeitlichen Dimension interessieren Ausgleichszeiträume, die nur eine Woche, mehrere Wochen oder Monate umfassen. Umfaßt der Ausgleichszeitraum eine Woche, kann die tägliche Arbeitszeitdauer zwischen den Wochentagen schwanken¹⁹¹; für jede Arbeitskraft ist sicherzustellen, daß sie im Durchschnitt eine Arbeitszeit von täglich „ \bar{AZ}^* “-Stunden erhält (vgl. Restriktion (T2.10)). Umfaßt der Ausgleichszeitraum mehrere Wochen/Monate, kann sowohl die stundenbezogene Arbeitszeit pro Tag als auch die tagesbezogene Arbeitszeit pro Woche variieren; der Ausgleich kann dahingehend gestaltet werden, daß im Durchschnitt eine Arbeitszeit von täglich „ \bar{AZ}^* “-Stunden und von wöchentlich „ \bar{T}^* “-Tagen geleistet werden muß. Um beide Ausgleichsmöglichkeiten abbilden zu können, bedarf es neben der offenen Arbeitszeitdauer einer offenen Struktur der Arbeits- und Freizeittage. Wird alternativ nur für die stundenbezogene Arbeitszeit pro Tag ein Durchschnittswert innerhalb mehrere Wochen/Monate gefordert, können wir dies auch bei einer gegebenen Struktur der Arbeits- und Freizeittage erfassen (vgl.

¹⁹¹ Wir können z.B. folgende, in Kap. 3.4.2 thematisierten tariflichen Regelungen abbilden: die Möglichkeit einer ungleichmäßigen Verteilung der tariflichen Wochenarbeitszeit auf die jeweiligen Arbeitstage; die Verteilung der an einem Werktag ausfallenden Arbeitsstunden auf die übrigen Werkstage einer Woche

(T2.10^{*}). Beide - im folgenden zunächst allgemein formulierten, dann erläuterten - Restriktionen sind lediglich eine Modifikation von Modell T2; sie können (alternativ) dem in Kapitel 4.4.2.2 entwickelten Modell hinzugefügt werden. Wir werden ihre Wirkungsweise an exemplarisch ausformulierten Restriktionen, nicht aber anhand eines eigens generierten Einsatzplanes demonstrieren. Wir führen folgendes neue Symbol ein:

Datum

\overline{AZ}^* := durchschnittliche Arbeitszeitdauer pro Arbeitskraft und Tag, gemessen in Perioden (halbstündige Abschnitte)

TOUR: Einhaltung einer durchschnittlichen Regelarbeitszeit pro Tag im Zeitraum einer Woche

$$\sum_{t \in \underline{T}_i} \sum_{k \in \underline{K}_j} \overline{AZ}_k \cdot a_{ik}^t = \overline{AZ}^* \cdot \#\underline{T}_i \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (\text{T2.10})$$

Die Summation der linken Gleichungsseite erfaßt die Arbeitszeitdauern aller Arbeitszeitkategorien, die der Arbeitskraft an den für sie geltenden Arbeitstagen zugewiesen werden können. Aufgrund von (T2.3) wird der Arbeitskraft pro Arbeitstag genau eine Arbeitszeitkategorie zugewiesen; die Summe der stundenbezogenen Arbeitszeitdauern aller arbeitskraftspezifischen Arbeitstage einer Woche ist erfaßt. Diese Summe wird mit dem Wert der stundenbezogenen Wochenarbeitszeit pro Arbeitskraft gleichgesetzt, welche sich aus der durchschnittlichen täglichen Arbeitszeitdauer (\overline{AZ}^*) multipliziert mit der Zahl der arbeitskraftspezifischen Wochenarbeitstage ($\#\underline{T}_i$) ergibt. Dabei kann die Zahl der arbeitskraftspezifischen Wochenarbeitstage über mehrere Wochen konstant oder variierend sein. Bei einer regelmäßigen Fünf-Tage-Woche und einer durchschnittlichen täglichen Arbeitszeit von siebeneinhalb Stunden können wöchentlich 37,5 Stunden verteilt werden. Schwankt dagegen die Zahl der wochenspezifischen Arbeitstage über mehrere Wochen, so können bei z.B. einer viertägigen Arbeitswoche 30 Stunden, bei einer sechstägigen Arbeitswoche 45 Stunden verteilt werden. Für eine beliebige Arbeitskraft i , welche täglich zwischen sechseinhalb und acht Stunden zu arbeiten bereit ist ($k = 1, 2, \dots, 4$; $\overline{AZ}_1 = 13$, $\overline{AZ}_2 = 14$, $\overline{AZ}_3 = 15$, $\overline{AZ}_4 = 16$) und für die in der betrachteten Planungswoche die vier Werktage Montag bis Donnerstag als Arbeitstag vorgesehen sind ($\#\underline{T}_i = 4$), lautet die ausformulierte Restriktion zur Gewährung einer durchschnittlich siebeneinhalbstündigen Arbeitszeitdauer pro Tag ($\overline{AZ}^* = 15$) wie folgt:

$$13 \cdot a_{i1}^1 + 14 \cdot a_{i2}^1 + 15 \cdot a_{i3}^1 + 16 \cdot a_{i4}^1 + 13 \cdot a_{i1}^2 + 14 \cdot a_{i2}^2 + 15 \cdot a_{i3}^2 + 16 \cdot a_{i4}^2 + \\ 13 \cdot a_{i1}^3 + 14 \cdot a_{i2}^3 + 15 \cdot a_{i3}^3 + 16 \cdot a_{i4}^3 + 13 \cdot a_{i1}^4 + 14 \cdot a_{i2}^4 + 15 \cdot a_{i3}^4 + 16 \cdot a_{i4}^4 = 15 \cdot 4$$

Eine wesentliche höhere Planungsflexibilität erreichen wir, wenn der Ausgleich stundenbezogener Arbeitszeiten pro Tag über mehrere Wochen zulässig ist. Greifen wir

dazu auf die Annahmen der Planungssituation „standardisierte Woche“ zurück, können wir dies wie folgt erfassen:

TOUR: Einhaltung einer durchschnittlichen Regelarbeitszeit pro Tag im Zeitraum mehrerer Wochen

$$\sum_{i=1}^I \sum_{t \in \mathbb{T}_i} \sum_{k=1}^K \overline{AZ}_k \cdot a_{ik}^t = \overline{AZ}^* \cdot \sum_{i=1}^I \#\mathbb{T}_i \quad (\text{T2.10}')$$

Auf der linken Gleichungsseite summieren wir alle den Arbeitskräften gewährten Arbeitszeitdauern¹⁹² und normieren diese auf die für den betrachteten Zeitraum vorgegebene Arbeitszeit. Diese ergibt sich aus der durchschnittlichen täglichen Arbeitszeitdauer (\overline{AZ}^*) multipliziert mit der Gesamtzahl der von den Arbeitskräften zur Verfügung gestellten Arbeitstage. Für den Fall einer durchschnittlichen täglichen Arbeitszeit von siebeneinhalb Stunden ($\overline{AZ}^* = 15$) und der Betrachtung von drei Arbeitskräften ($I = 3$), die in Summe für 15 Arbeitstage pro Woche vorgesehen sind, können folglich 112,5 Stunden auf die einzelnen Arbeitstage des einwöchigen Zeitraums verteilt werden. Lediglich die rechtlichen Regelungen zur täglichen Arbeitszeit und zur Mindestruhezeit sind zu berücksichtigen. Der Ausgleich der unregelmäßigen täglichen Arbeitszeiten ist innerhalb des der Dauer des Gesamteinsatzplanes entsprechenden mehrwöchigen Zeitraumes gesichert.

4.4.3. Arbeitszeitformen mit offener Struktur der Arbeits- und Freizeittage

4.4.3.1. Offene Struktur der Arbeitstage bei gegebener Arbeitszeitdauer und möglichst vielen zusammenhängenden Freizeittagen

In den folgenden Modellen entscheiden wir simultan über die Dauer und Lage der Freizeit-/Arbeitstage sowie über die Lage der gegebenen täglichen Arbeitszeit. Wir greifen auf die Planungssituation „standardisierte Woche“ zurück, der in halbstündigen Abschnitten gemessene Personalbedarf schwankt zyklisch über die Tage einer Woche. Die Arbeitskräfte sind durch einheitliche Arbeitszeitpräferenzen und -restriktionen charakterisiert, sie arbeiten alle nach der gleichen Arbeitszeitdauer, ihre Präferenzen sollen sich allein auf die Lage ihrer Freizeit-/Arbeitstage beziehen¹⁹³. Zur Abbildung der Arbeitszeitform mit möglichst vielen zusammenhängenden Freizeittagen werden die Freizeittage einzeln gewährt. Ihre aneinanderreihende Kombination wird hoch bewertet, die Zahl zusammenhängender Arbeitstage nach oben begrenzt.

¹⁹² Die linke Gleichungsseite unterscheidet sich von der linken Gleichungsseite der Restriktion (T2.10) durch die zusätzliche Summation über alle Arbeitskräfte und die Summation über alle statt über die arbeitskraftspezifischen Arbeitszeitkategorien

¹⁹³ Vgl. zur Problematik der Annahme einheitlicher Arbeitszeitpräferenzen Kap. 5.1.2.

Die stundenbezogene Arbeitszeit pro Tag umfaßt Arbeitszeitdauern mit einer Pause; es wird Bereitstellungs- und Verwendungseindeutigkeit unterstellt. Aufgrund dieser Annahmen setzt sich Modell T3 primär aus den Restriktionen des Modells T1 - wir hatten dort die Restriktionen von Modell S1 auf die Abbildungssituation der Betrachtung mehrerer Tage angepaßt - und aus denen des Modells D2 zusammen. Wir benötigen keine neuen Symbole und werden die aus Modell D2 unverändert übernommene Zielfunktion (D2.Z) sowie die übernommenen Restriktionen (D2.2) bis (D2.6) keine weiteres Mal formulieren. Erst gegen Ende des Kapitels 4.4.3 weisen wir für den Fall einer offenen Struktur der Arbeitstage bei offener Arbeitszeitdauer ein weiteres Beispiel aus.

MODELLFORMULIERUNG

Zielfunktion (D2.Z)=(T3.Z)

SHIFT: Deckung des Personalbedarfs

$$\overline{PB}_s^t \leq \sum_{i=1}^I PE_{is}^t \quad \forall s = 1, 2, \dots, S$$

$$\forall t = 1, 2, \dots, T \quad (T1.1) \approx (T3.1)$$

TOUR: Abstimmung von Personaleinsatz und -verfügbarkeit

$$\sum_{s=1}^S PE_{is}^t + \overline{AZ} \cdot FT_i^t = \overline{AZ} \quad \forall i = 1, 2, \dots, I$$

$$\forall t = 1, 2, \dots, T \quad (T3.2)$$

SHIFT: Erkennen der täglichen Beginnzeitpunkte

$$PE_{is}^t - \sum_{s'=1}^{s-1} PE_{is'}^t \leq u_{is}^t \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t = 1, 2, \dots, T$$

$$\forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{A} + 1 \quad (T1.3) \approx (T3.3)$$

TOUR: Erzwingen eines Beginnzeitpunktes, sofern ein Arbeitstag vorliegt

$$\sum_{s=1}^{S - \overline{A} + 1} u_{is}^t + FT_i^t = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (T3.4)$$

SHIFT: Kein Einsatz nach dem Ende der Anwesenheitsdauer

$$(S - (s + \overline{A}) + 1) \cdot u_{is}^t + \sum_{s'=s+\overline{A}}^S PE_{is'}^t \leq S - (s + \overline{A}) + 1$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t = 1, 2, \dots, T$$

$$\forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{A} \quad (T1.6) \approx (T3.5)$$

SHIFT: Gewährleisten der zulässigen Pausenlage

$$s + \overline{AD}^{\max} \sum_{i=1}^S PE_{is}^t + u_{is}^t \leq 2 \cdot \overline{AD}^{\max} - \overline{A} + 2$$

$$s' = s + \overline{A} - \overline{AD}^{\max} - 1$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t = 1, 2, \dots, T$$

$$\forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{A} + 1 \quad (T1.7) \approx (T3.6)$$

DAYS-OFF

- Mindestzahl Freizeittage pro Planungszeitraum (D2.2)=(T3.7)
- Begrenzung der Arbeitstage zwischen zwei Freizeittagen (D2.3)=(T3.8)
- Definition der zu bewertenden Freizeitkombinationen (D2.4)=(T3.9)
- Höchstzahl Freizeittage pro Arbeitskraft und Woche (D2.5)=(T3.10)
- Höchstzahl wochenübergreifender Freizeittage pro Arbeitskraft (D2.6)=(T3.11)

Nichtnegativitäts- und Ganzzahligkeitsbedingung

ERLÄUTERUNGEN ZU MODELL T3

Die Zielfunktion sowie die Abbildungszusammenhänge, die sich auf die Lage der Freizeit-/Arbeitstage beziehen, entnehmen wir Modell D2. Wir gewährleisten damit die Maximierung der Summe der (einheitlichen) Arbeitnehmerpräferenzen für die Lage ihrer Freizeittage (vgl. (T3.Z)), eine Mindestzahl Freizeittage pro Planungszeitraum (vgl. (T3.7)), die Begrenzung der Arbeitstage zwischen zwei Freizeittagen (vgl. (T3.8)), eine Höchstzahl wöchentlicher/wochenübergreifender Freizeittage pro Arbeitskraft (vgl. (T3.10), (T3.11)) sowie die Definition der zu bewertenden Freizeitkombinationen (vgl. (T3.9))¹⁹⁴. Für die mit Hilfe dieser Restriktionen festzulegenden Arbeitstage wird zusätzlich über die Lage der chronometrisch bestimmten Arbeitszeit pro Tag entschieden. Wir greifen dazu auf die Formulierungen des Modells T1 zurück und modifizieren diese für die Situation einer offenen Struktur der Arbeitstage und die Planungssituation „standardisierte Woche“. Die Situation einer offenen Struktur der Arbeitstage bewirkt, daß ex-ante unbekannt ist, welche Arbeitskraft an welchem Tag für einen Einsatz vorzusehen ist. Wir gewährleisten, daß die Arbeitskräfte an grundsätzlich jedem Tag eingesetzt werden können und formulieren das Erkennen der täglichen Beginnzeitpunkte (vgl. (T3.3)), das Verhindern eines Einsatzes nach dem Ende der Anwesenheitsdauer (vgl. (T3.5)) und das Gewähren der zuläs-

¹⁹⁴ Vgl. bzgl. einer ausführlichen Erläuterung zum Aufbau und zur Wirkungsweise dieser Restriktionen die Erläuterungen zu Modell D2 in Kap. 4.3.2.2. Einzig Restriktion (D2.1) (Deckung des Personalbedarfs) haben wir aufgrund der zeitlich differenzierteren Erfassung des Personalbedarfs nicht aus Modell D2 übernehmen können.

sigen Pausenlage (vgl. (T3.6)) für alle Tage¹⁹⁵ statt - wie in Modell T1 - nur für die Tage, die für die betrachtete Arbeitskraft als Arbeitstage vorgegeben sind. Zusätzlich sehen wir zur Deckung des Personalbedarfs zunächst alle Arbeitskräfte vor (Summation über $i = 1, 2, \dots, I$ in (T3.1)) und berücksichtigen in der Abstimmung des Personaleinsatzes mit der -verfügbarkeit (vgl. (T3.2)) bzw. beim Erzwingen eines Einsatzbeginnzeitpunktes (vgl. (T3.4)), daß eine Arbeitskraft an den Tagen ihrer Freizeit nicht im Leistungsprozeß verfügbar ist. In (T3.2) erfassen wir dazu neben der Einsatzalternative im Leistungsprozeß die Binärvariable zur Gewährung eines Freizeittages. Wir multiplizieren diese mit der an einem Arbeitstag fest vorgegebenen Arbeitszeitdauer und normieren die Gleichung auf den Wert dieser Arbeitszeitdauer. Dadurch müssen entweder „ \overline{AZ} “ Personaleinsatzvariablen oder die Freizeitvariable den Wert 1 annehmen. Gemäß den gleichen Überlegungen über alternative Einsatzmöglichkeiten ergänzen wir in (T3.4) Restriktion (T1.4)¹⁹⁶ um die Binärvariable zur Gewährung eines Freizeittages. Wir normieren die Gleichung auf den Wert 1 und stellen sicher, daß an Freizeittagen kein, an Arbeitstagen ein (zulässiger) Einsatzbeginn vorgesehen wird. Aufgrund der Planungssituation „standardisierte Woche“ betrachten wir für alle Arbeitskräfte die gleiche Arbeitszeit-/Anwesenheitsdauer. Wir ersetzen \overline{A}_i und \overline{AZ}_i ¹⁹⁷ durch \overline{A} und \overline{AZ} .

4.4.3.2. Offene Struktur der Arbeitstage bei gegebener Arbeitszeitdauer und einer Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage

Für den Fall des tour-scheduling, der sich auf eine offene Struktur der Arbeitstage, gegebene (tägliche) Arbeitszeitdauern und auf (wochenbezogene) Arbeitszeitformen bezieht, deren Zahl zusammenhängender Arbeitstage einer Unter- und einer Obergrenze unterliegt, orientieren wir uns (überwiegend) an den bei Modell T3 getroffenen Annahmen. Zur Modellformulierung greifen wir bzgl. der den Abbildungsbereich des days-off-scheduling betreffenden Restriktionen auf die Formulierungen des Modells D3, bzgl. der den Abbildungsbereich des shift-scheduling betreffenden Restriktionen auf die Formulierungen des Modells T3 zurück¹⁹⁸. Wir modifizieren sie in den relevanten Bereichen und benötigen keine neuen Symbole.

MODELLFORMULIERUNG

Zielfunktion

$$(D3.Z)=(T4.Z)$$

¹⁹⁵ Vgl. den Allquantor $\forall t = 1, 2, \dots, T$ in den genannten Restriktionen

¹⁹⁶ Vgl. zu deren Aufbau und Wirkungsweise die ausführlichen Erläuterungen zu (S0.4) in Kap. 4.2.2.1, ergänzend die Erläuterungen zu (S1.4) in Kap. 4.2.2.2 und zu (T1.4) in Kap. 4.4.2.1.

¹⁹⁷ In Modell T1 hatten wir die Planungssituation „explizite Woche“ unterstellt, die Arbeitskräfte konnten sich durch unterschiedliche Arbeitszeitrestriktionen auszeichnen.

¹⁹⁸ Wir hatten dort die bereits in Modell T1 übernommenen, leicht modifizierten Restriktionen der Modelle S0 und S1 auf den Geltungsbereich aller Tage erweitert Vgl. Kap. 4.4.3.1.

TOUR: Abstimmung von Personaleinsatz und -verfügbarkeit

$$\sum_{s=1}^S PE_{is}^t + \overline{AZ} \cdot \sum_{z=1}^Z \left(\sum_{t'=\max\{1, t-\bar{f}_z+1\}}^t FT_{i-}^{zt'} + \sum_{t'=t+T-\bar{f}_z+1}^T FT_{i-}^{zt'} \right) = \overline{AZ}$$

$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t = 1, 2, \dots, \bar{f}^{\max}-1$ (T4.2a)

$$\sum_{s=1}^S PE_{is}^t + \overline{AZ} \cdot \sum_{z=1}^Z \sum_{t'=t-\bar{f}_z+1}^t FT_{i-}^{zt'} = \overline{AZ}$$

$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t = \bar{f}^{\max}, \bar{f}^{\max}+1, \dots, T$ (T4.2b)

TOUR: Erzwingen eines Beginnzeitpunktes, sofern ein Arbeitstag vorliegt

$$\sum_{s=1}^{S-\bar{A}+1} u_{is}^t + \sum_{z=1}^Z \left(\sum_{t'=\max\{1, t-\bar{f}_z+1\}}^t FT_{i-}^{zt'} + \sum_{t'=t+T-\bar{f}_z+1}^T FT_{i-}^{zt'} \right) = 1$$

$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t = 1, 2, \dots, \bar{f}^{\max}-1$ (T4.4a)

$$\sum_{s=1}^{S-\bar{A}+1} u_{is}^t + \sum_{z=1}^Z \sum_{t'=t-\bar{f}_z+1}^t FT_{i-}^{zt'} = 1$$

$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t = \bar{f}^{\max}, \bar{f}^{\max}+1, \dots, T$ (T4.4b)

SHIFT

- Deckung des Personalbedarfs (T3.1)=(T4.1)
- Erkennen der täglichen Beginnzeitpunkte (T3.3)=(T4.3)
- Kein Einsatz nach dem Ende der Anwesenheitsdauer (T3.5)=(T4.5)
- Gewährleisten der zulässigen Pausenlage (T3.6)=(T4.6)

DAYS-OFF

- Mindestzahl Freizeittage pro Planungszeitraum (D3.2)=(T4.7)
- Begrenzung der Arbeitstage zwischen zwei Freizeitblöcken (D3.3)=(T4.8)
- Gewährung einer Mindestzahl Arbeitstage zwischen zwei Freizeitblöcken

$$\underline{g} \cdot Z \cdot FT_{i-}^{zt} + \sum_{z=1}^Z \left(\sum_{t'=\max\{t, t+\bar{f}_z+\underline{g}-1\}}^{\min\{t, t+\bar{f}_z+\underline{g}-1\}} FT_{i-}^{zt'} + \sum_{t'=1}^{t+\bar{f}_z+\underline{g}-1-T} FT_{i-}^{zt'} \right) \leq \underline{g} \cdot Z$$

$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall z = 1, 2, \dots, Z$
 $\forall t = 1, 2, \dots, T$ (D6.5)≈(T4.9)

Nichtnegativitäts- und Ganzzahligkeitsbedingung

ERLÄUTERUNGEN ZU MODELL T4

Die Zielfunktion (vgl. (T4.Z)) sowie die Abbildungszusammenhänge, die sich auf die Lage der Freizeit-/Arbeitstage beziehen (vgl. (T4.7), (T4.8), (T4.9)), entnehmen wir Modell D3 bzw. Modell D6. Lediglich die dem Modell D6 entnommene Restriktion zur Gewährung einer Mindestzahl Arbeitstage zwischen zwei Freizeitblöcken modifizieren wir so, daß sie für alle, statt für alle Gruppen gleichqualifizierter Arbeitskräfte gilt¹⁹⁹. Die Restriktion zur Deckung des Personalbedarfs (vgl. (T4.1)) sowie die Restriktionen, die für die modellendogen festzulegenden Arbeitstage die Lage der chronometrisch bestimmten Tagesarbeitszeit steuern (vgl. (T4.3), (T4.5), (T4.6)), entnehmen wir Modell T3. Die Restriktion zur Abstimmung von Personaleinsatz und -verfügbarkeit (vgl. (T4.2 a, b)) ergibt sich aus den Restriktionen (D6.2 a, b) und (T3.2); die Restriktion zum Erzwingen eines Beginnzeitpunktes, sofern ein Arbeitstag vorliegt (vgl. (T4.4 a, b)) ergibt sich aus den Restriktionen (D6.2 a, b) und (T3.4).

Erläuterung zur Abstimmung von Personaleinsatz und -verfügbarkeit sowie zum Erzwingen eines Beginnzeitpunktes, sofern ein Arbeitstag vorliegt

Restriktion (D6.2) berücksichtigt für die Planungsperiode Tag, daß eine Arbeitskraft entweder bei einer der Tätigkeitsarten eingesetzt wird, für die sie grundsätzlich qualifiziert ist, oder daß sie sich in Freizeit befinden muß. Aufgrund der Vorgabe kompletter Freizeitblöcke werden sowohl die Freizeiten erfaßt, die in vorherigen Perioden begonnen haben und in der betrachteten Periode noch einen Freizeittag vorsehen als auch die, die in der betrachteten Periode beginnen. Wir entnehmen (D6.2) die Formulierung zur Erfassung der Freizeitblöcke²⁰⁰. Restriktion (T3.2) berücksichtigt bei (qualitativer) Bereitstellungs- und Verwendungseindeutigkeit und der Planung eintägiger Freizeiten, daß eine nicht in Freizeit befindliche Arbeitskraft für die gesamte Dauer ihrer stundenbezogenen Arbeitszeit pro Tag eingesetzt werden muß. Wir entnehmen die Formulierungen zur Erfassung eines Einsatzes während der gesamten Dauer der stundenbezogenen Arbeitszeit und fügen diese mit denen aus (D6.2) in (T4.2) wie folgt zusammen:

¹⁹⁹ Vgl. zum Aufbau und zur Wirkungsweise dieser Restriktionen die Erläuterungen zu Modell D3 in Kap. 4.3.2.3 bzw. zu Modell D6 in Kap. 4.3.3.3. Der Rückgriff auf (D6.5) statt auf (D3.4) erfolgt, da der in (D3.4) explizit erfaßte Ausschluß einander überlappender Freizeitblöcke bereits in (T4.4) miterfaßt ist.

²⁰⁰ Wir beziehen uns auf die Formulierungen von (D6.2), auch wenn die übernommenen temporalen Summationsgrenzen erstmals in (D1.1) formuliert wurden. Dort befanden wir uns auf der kollektiven Planungsebene, in (D3.1) auf der individuellen Planungsebene, während wir in (D6.2) erstmals die - auch in T4 relevanten - Konsequenzen des Arbeitskräftezyklus berücksichtigen. Vgl. zur ausführlichen Erläuterung der temporalen Summationsgrenzen die Erläuterungen zu (D1.1a), (D1.1b) in Kap. 4.3.2.1, zur Individualisierung der Freizeitvariablen die Erläuterungen zu (D3.1a), (D3.1b) in Kap. 4.3.2.3, zur Berücksichtigung des Arbeitskräftezyklus die Erläuterungen zu (D6.2a), (D6.2b) in Kap. 4.3.3.3.

$$\sum_{s=1}^S PE_{is}^t + \bar{AZ} \cdot \sum_{z=1}^Z \left(\sum_{t'=\max\{1, t-\bar{f}_z+1\}}^t FT_1^{zt'} + \sum_{t'=t+T-\bar{f}_z+1}^T FT_1^{zt'} \right) = \bar{AZ} \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t = 1, 2, \dots, \bar{f}^{\max} - 1 \quad (T4.2a)$$

$$\sum_{s=1}^S PE_{is}^t + \bar{AZ} \cdot \sum_{z=1}^Z \sum_{t'=t-\bar{f}_z+1}^t FT_1^{zt'} = \bar{AZ} \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t = \bar{f}^{\max}, \bar{f}^{\max} + 1, \dots, T \quad (T4.2b)$$

Die erste Summation der linken Gleichungsseiten erfaßt den Einsatz im Leistungsprozeß für alle Halbstundenabschnitte des betrachteten Tages; die zweite Summation erfaßt alle Freizeitblöcke, die den betrachteten Tag als Freizeittag mit einschließen. Die Addition der beiden Summen, die Multiplikation der zweiten Summe mit der an einem Arbeitstag üblichen Arbeitszeitdauer und die Normierung der Gleichung auf den Wert der an einem Arbeitstag üblichen Arbeitszeitdauer bewirkt, daß entweder ein Einsatz „ \bar{AZ} “-periodiger Dauer oder eine Freizeit vorgesehen wird. Da in der Summation der Freizeitvariablen alle Freizeitblöcke erfaßt sind, die den betrachteten Tag t als Freizeit vorsehen, ist zugleich ein Gewähren sich überlappender Freizeittage ausgeschlossen. Die Trennung der beiden Restriktionen ist Folge des temporalen Zyklus; (T4.2a) berücksichtigt, daß die Freizeitblöcke, die der Arbeitskraft des vorangehenden Einsatzplanes gewährt wurden, in den betrachteten Perioden noch einen freien Tag vorsehen können. Die Restriktionen sind für alle Arbeitskräfte ($\forall i = 1, 2, \dots, I$) und alle Planungstage ($\forall t = 1, 2, \dots, \bar{f}^{\max} - 1$ in (T4.2a), $\forall t = \bar{f}^{\max}, \bar{f}^{\max} + 1, \dots, T$ in (T4.2b)) zu formulieren. Exemplarisch lautet für Arbeitskraft $i = 2$, eine zehnstündige Betriebszeitdauer ($S = 20$), eine achtstündige Arbeitszeitdauer ($\bar{AZ} = 16$) sowie für Freizeitblöcke von ein-, zwei- oder dreitägiger Dauer ($z = 1, 2, 3; \bar{f}_1 = 1, \bar{f}_2 = 2, \bar{f}_3 = 3$) die ausformulierte Restriktion (T4.2a) für den Tag $t = 1$ wie folgt:

$$PE_{21}^1 + PE_{22}^1 + PE_{23}^1 + PE_{24}^1 + PE_{25}^1 + PE_{26}^1 + PE_{27}^1 + PE_{28}^1 + PE_{29}^1 + PE_{210}^1 + PE_{211}^1 + PE_{212}^1 + PE_{213}^1 + PE_{214}^1 + PE_{215}^1 + PE_{216}^1 + PE_{217}^1 + PE_{218}^1 + PE_{219}^1 + PE_{220}^1 + 16 \cdot (FT_2^{11} + FT_2^{21} + FT_2^{31} + FT_1^{27} + FT_1^{36} + FT_1^{37}) = 16$$

Restriktion (T4.4) fügen wir nach dem gleichen Prinzip wie Restriktion (T4.2) zusammen. Wir greifen statt auf die Formulierungen von (T3.2) auf die Formulierungen von (T3.4) zurück und kombinieren diese mit der Erfassung der Freizeitgewährung in (D6.2). Inhaltlich gewährleisten wir, daß genau (nur) dann, wenn ein Arbeitstag vorliegt, ein Einsatzbeginn erzwungen wird. An den Tagen, die Teil einer gewährten Freizeit sind, muß ein Einsatz(beginn) verhindert werden. Wir erfassen alle zulässigen Einsatzbeginnzeitpunkte, addieren alle Freizeitblöcke, die für den betrachteten Tag eine Freizeit vorsehen und normieren die Gleichung auf den Wert 1. Für Arbeitskraft $i = 2$, eine zehnstündige Betriebszeitdauer ($S = 20$), eine achtstündige Arbeitszeitdauer ($\bar{AZ} = 16, S - \bar{A} + 1 = 4$) sowie für Freizeitblöcke von ein-, zwei- oder drei-

tägiger Dauer ($z = 1, 2, 3; \bar{f}_1 = 1, \bar{f}_2 = 2, \bar{f}_3 = 3$) lautet die ausformulierte Restriktion (T4.4a) für den Tag $t = 1$ wie folgt:

$$u_{21}^1 + u_{22}^1 + u_{23}^1 + u_{24}^1 + FT_2^{11} + FT_2^{21} + FT_2^{31} + FT_1^{27} + FT_1^{36} + FT_1^{37} = 1$$

4.4.3.3. Offene Struktur der Arbeitstage bei offener Arbeitszeitdauer

In der vorliegenden Modellsituation modifizieren wir für den Bereich des shift-scheduling die Annahme gegebener täglicher Arbeitszeitdauern zur Annahme offener Arbeitszeitdauern. Wir betrachten weiterhin Arbeitszeitdauern mit einer Pause und gehen (zunächst) von Arbeitszeitformen aus, die sich durch möglichst viele zusammenhängende Freizeittage auszeichnen. Wir unterstellen Bereitstellungs- und Verwendungseindeutigkeit sowie die Charakteristika der „standardisierten Woche“. Das zu formulierende Modell orientiert sich hauptsächlich an den Formulierungen der Modelle T2 und D2. In einer Modellmodifikation zeigen wir später die Änderungen, die sich bei der Abbildung von Arbeitszeitformen ergeben, deren Zahl zusammenhängender Arbeitstage sowohl einer Unter- als auch einer Obergrenze unterliegt. Gegen Ende des Kapitels demonstrieren wir die Wirkungsweise des Modells anhand eines kleinen Beispiels.

MODELLFORMULIERUNG

Zielfunktion

$$\sum_{i=1}^I \left(\sum_{y=1}^Y \Omega K^y \cdot C_i^y + \sum_{t=1}^T \left(\Omega F^t \cdot FT_1^t + \sum_{k=1}^K \Omega A^k \cdot a_{ik}^t \right) \right) = \max \quad (T5.Z)$$

SHIFT: Deckung des Personalbedarfs

$$\overline{PB}_s^t \leq \sum_{i=1}^I PE_{is}^t \quad \forall s = 1, 2, \dots, S; \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (T2.1) \approx (T5.1)$$

SHIFT: Einsatz während der Dauer der zu wählenden Arbeitszeitkategorie

$$\sum_{s=1}^S PE_{is}^t = \sum_{k=1}^K \overline{AZ}_k \cdot a_{ik}^t \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (T2.2) \approx (T5.2)$$

TOUR: Erzwingen einer Arbeitszeitkategorie, sofern ein Arbeitstag vorliegt

$$\sum_{k=1}^K a_{ik}^t + FT_1^t = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (T5.3)$$

SHIFT: Erkennen der täglichen Beginnzeitpunkte

$$PE_{is}^t - \sum_{s'=1}^{s-1} PE_{is'}^t \leq u_{is}^t \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t = 1, 2, \dots, T$$

$$\forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{A}^{\min} + 1 \quad (T2.4) \approx (T5.4)$$

TOUR: Erzwingen eines Beginnzeitpunktes, sofern ein Arbeitstag vorliegt

$$\sum_{s=1}^{S-\bar{A}^{\min}+1} u_{is}^t + FT_i^t = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (T3.4) \approx (T5.5)$$

SHIFT: Ausschluß unzulässiger Beginnzeitpunkte in Abhängigkeit von der gewählten Arbeitszeitkategorie

$$\begin{aligned} (\bar{A}_k - \bar{A}^{\min}) \cdot a_{ik}^t + \sum_{s=S-\bar{A}_k+2}^{S-\bar{A}^{\min}+1} u_{is}^t &\leq \bar{A}_k - \bar{A}^{\min} \\ \forall k \in \underline{K} \setminus \{k, \text{ für die gilt: } \bar{A}_k = \bar{A}^{\min} \} \\ \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t = 1, 2, \dots, T \end{aligned} \quad (T2.6) \approx (T5.6)$$

SHIFT: Kein Einsatz nach dem Ende der Anwesenheitsdauer

$$\begin{aligned} (S - (s + \bar{A}_k) + 1) \cdot (a_{ik}^t + u_{is}^t) + \sum_{s'=s+\bar{A}_k}^S PE_{is'}^t &\leq 2 \cdot (S - (s + \bar{A}_k) + 1) \\ \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t = 1, 2, \dots, T \\ \forall k = 1, 2, \dots, K \\ \forall s = 1, 2, \dots, S - \bar{A}_k \end{aligned} \quad (T2.8) \approx (T5.7)$$

SHIFT: Gewährleisten der zulässigen Pausenlage

$$\begin{aligned} \sum_{s'=s+\bar{A}_k-\bar{A}^{\max}-1}^{s+\bar{A}^{\max}} PE_{is'}^t + a_{ik}^t + u_{is}^t &\leq 2 \cdot \bar{A}^{\max} - \bar{A}_k + 3 \\ \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t = 1, 2, \dots, T \\ \forall k = 1, 2, \dots, K \\ \forall s = 1, 2, \dots, S - \bar{A}_k + 1 \end{aligned} \quad (T2.9) \approx (T5.8)$$

DAYS-OFF

- Mindestzahl Freizeittage pro Planungszeitraum (D2.2)=(T5.9)
- Begrenzung der Arbeitstage zwischen zwei Freizeittagen (D2.3)=(T5.10)
- Definition der zu bewertenden Freizeitkombinationen (D2.4)=(T5.11)
- Höchstzahl Freizeittage pro Arbeitskraft und Woche (D2.5)=(T5.12)
- Höchstzahl wochenübergreifender Freizeittage pro Arbeitskraft (D2.6)=(T5.13)

Nichtnegativitäts- und Ganzzahligkeitsbedingung

ERLÄUTERUNGEN ZU MODELL T5

Die Zielfunktion (T5.Z) ist eine Zusammensetzung der Zielfunktionen der Modelle D2 und S0a. Wir verzichten aufgrund der Annahme „standardisierter Wochen“ auf die Aufnahme von Lagepräferenzen bzgl. der täglichen Arbeitszeitdauer²⁰¹. Zugleich berücksichtigen wir, daß die Arbeitskräfte sowohl für alle Arbeitszeitkategorien (Summation über $k = 1, 2, \dots, K$) als auch grundsätzlich an jedem Tag eingesetzt werden können (Indizierung der die Arbeitszeitkategorie erkennenden Binärvariablen mit dem Index t , Summation über $t = 1, 2, \dots, T$). Die die tägliche Arbeitszeitdauer und -lage bestimmenden Restriktionen (vgl. (T5.2) und (T5.4) bis (T5.8)) werden aufgrund der Annahme einheitlicher Arbeitszeitrestriktionen und der unbekanntenen Lage der arbeitskraftspezifischen Arbeitstage für alle statt nur für die arbeitskraftspezifisch vorgesehenen Arbeitstage formuliert²⁰²; zusätzlich sind stets alle Arbeitskräftekategorien für jede einzelne Arbeitskraft zu berücksichtigen²⁰³. Die neue Restriktion (T5.3) erfaßt, daß an den Tagen, die für die Arbeitskraft nicht als Freizeit vorgesehen sind, eine Arbeitszeit vorgesehen werden muß, während an ihren Freizeittagen keine Arbeitszeit vorgesehen werden darf²⁰⁴. Die Restriktionen, die die Lage der Arbeitstage begrenzen (vgl. (T5.9) bis (T5.13)), entstammen - wie bereits im Abbildungsfall gegebener Arbeitszeitdauern - unverändert Modell D2.

Zur Abbildung von Arbeitszeitformen, deren Zahl zusammenhängender Arbeitstage sowohl einer Unter- als auch einer Obergrenze unterliegt, ändern sich die Formulierungen des Modells T5 wie folgt: In der Zielfunktion wird statt einzelner Freizeittage incl. ihrer Kombinationen die Lage der in ihrer Dauer bestimmten Freizeitblöcke erfaßt (vgl. (T5'.Z)). Beim Erzwingen einer Arbeitszeitkategorie (vgl. (T5'.3)) bzw. eines Einsatzbeginnzeitpunktes (vgl. (T5'.5)) werden statt einzelner Freizeittage alle Freizeitblöcke erfaßt, die am betrachteten Tag eine Freizeit vorsehen²⁰⁵. Für die Steuerung der Dauer und Lage der Freizeittage erfolgt ein Rückgriff auf die Formulierungen des Modells D3 statt auf die des Modells D2. Wir listen im folgenden zunächst die sich ändernden, dann die exakt aus Modell T5 bzw. D3 übernommenen Restriktionen auf, ohne diese weiter zu erklären.

²⁰¹ Vgl. zur Problematik der Annahme einheitlicher Arbeitszeitpräferenzen die einleitenden Ausführungen zu Kap. 4.4.3.1 sowie die ausführlichen Ausführungen in Kap. 5.1.2.

²⁰² Vgl. die sich auf den Index t beziehenden Allquantoren in den genannten Restriktionen. Die Summation über alle $i = 1, 2, \dots, I$ in (T5.1) ist ebenfalls Folge der Ungewißheit, welche Arbeitskräfte an welchen Tagen arbeiten

²⁰³ Vgl. die Summationsgrenze ($k = 1, 2, \dots, K$) in (T5.2), die Allquantoren $\forall i = 1, 2, \dots, I$ in (T5.7), (T5.8) sowie die Betrachtung der generell kürzesten Anwesenheitszeit statt der arbeitskraftspezifisch kürzesten Anwesenheitszeit in (T5.4), (T5.5), (T5.6).

²⁰⁴ (T5.3) entspricht in ihrer Struktur (S0a.3), erweitert auf mehrere Tage, um die mögliche Zuweisung aller Arbeitszeitkategorien sowie um die Möglichkeit der Freizeitgewährung. Sie wirkt in der gleichen Weise wie (T3.4) bzw. (T5.5), welche bei Vorlage eines Arbeitstages einen Beginnzeitpunkt erzwingen.

²⁰⁵ Vgl. ähnlich das Vorgehen in Modell T4, Kap. 4.4.3.2 sowie die dortigen Erläuterungen.

MODELLFORMULIERUNG

Zielfunktion

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I \left(\sum_{z=1}^Z \Omega B^{zt} \cdot FT_i^{zt} + \sum_{k=1}^K \Omega A^k \cdot a_{ik}^t \right) = \max \quad (T5'.Z)$$

TOUR: Erzwingen einer Arbeitszeitkategorie, sofern ein Arbeitstag vorliegt

$$\sum_{z=1}^Z \left(\sum_{t'=\max\{1, t-\bar{f}_z+1\}}^t FT_i^{zt'} + \sum_{t'=t+T-\bar{f}_z+1}^T FT_i^{zt'} \right) + \sum_{k=1}^K a_{ik}^t = 1$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t = 1, 2, \dots, \bar{f}^{\max} - 1 \quad (T5'.3a)$$

$$\sum_{z=1}^Z \sum_{t'=t-\bar{f}_z+1}^t FT_i^{zt'} + \sum_{k=1}^K a_{ik}^t = 1$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t = \bar{f}^{\max}, \bar{f}^{\max} + 1, \dots, T \quad (T5'.3b)$$

TOUR: Erzwingen eines Beginnzeitpunktes, sofern ein Arbeitstag vorliegt

$$S-\bar{A}^{\min+1} \sum_{s=1}^{\bar{A}^{\min+1}} u_{is}^t + \sum_{z=1}^Z \left(\sum_{t'=\max\{1, t-\bar{f}_z+1\}}^t FT_i^{zt'} + \sum_{t'=t+T-\bar{f}_z+1}^T FT_i^{zt'} \right) = 1$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t = 1, 2, \dots, \bar{f}^{\max} - 1 \quad (T5'.5a)$$

$$S-\bar{A}^{\min+1} \sum_{s=1}^{\bar{A}^{\min+1}} u_{is}^t + \sum_{z=1}^Z \sum_{t'=t-\bar{f}_z+1}^t FT_i^{zt'} = 1$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t = \bar{f}^{\max}, \bar{f}^{\max} + 1, \dots, T \quad (T5'.5b)$$

SHIFT

- Deckung des Personalbedarfs (T5.1)
- Einsatz während der Dauer der zu wählenden Arbeitszeitkategorie (T5.2)
- Erkennen der täglichen Beginnzeitpunkte (T5.4)
- Ausschluß unzulässiger Beginnzeitpunkte in Abhängigkeit von der
- gewählten Arbeitszeitkategorie (T5.6)
- Kein Einsatz nach dem Ende der Anwesenheitsdauer (T5.7)
- Gewährleisten der zulässigen Pausenlage (T5.8)

DAYS-OFF

- Mindestzahl Freizeittage pro Planungszeitraum (D3.2)

- Gewährung einer Höchstzahl Arbeitstage zwischen zwei Freizeitblöcken (D3.3)
- Gewährung einer Mindestzahl Arbeitstage zwischen zwei Freizeitblöcken²⁰⁶ (T4.9)

Nichtnegativitäts- und Ganzzahligkeitsbedingung

PRAXISBEISPIEL

Zur Demonstration der Wirkungsweise des Modells T5 betrachten wir zur Wahrung der Übersichtlichkeit lediglich eine Vier-Tage-Woche ($T = 4$), eine siebenstündige Betriebszeitdauer ($S = 14$) und vier Arbeitskräfte ($I = 4$). Alle Arbeitskräfte sind bereit, täglich zwischen viereinhalb und fünfeinhalb Stunden zu arbeiten. Ihnen soll jeweils eine halbstündige Pause zustehen. Diese ist so zu plazieren, daß nicht mehr als vier zusammenhängende Arbeitsstunden ($\overline{AD}^{\max} = 8$) eingeplant werden. Wir leiten folgende drei Arbeitszeitkategorien ($k = 1, 2, 3$; $\overline{AZ}_1 = 9$ ($\overline{A}_1 = 10$), $\overline{AZ}_2 = 10$ ($\overline{A}_2 = 11$), $\overline{AZ}_3 = 11$ ($\overline{A}_3 = 12$)) mit folgenden Mengen arbeitszeitkategoriespezifischer Beginnzeitpunkte ab: $\underline{S}_1 = \{1, 2, \dots, 5\}$, $\underline{S}_2 = \{1, 2, \dots, 4\}$, $\underline{S}_3 = \{1, 2, 3\}$. Für die zu bestimmende Lage der Arbeits-/Freizeittage ist zu berücksichtigen, daß möglichst zusammenhängende, wochenendnahe Freizeittage gewährt werden sollen, deren Zahl jedoch innerhalb der Vier-Tage-Woche zwei, bei „Wochenendnähe“ drei Tage nicht überschreiten soll. Die Zahl aufeinanderfolgender Arbeitstage ist begrenzt auf fünf. Die (kollektiven) Präferenzwerte der Arbeitskräfte bzgl. der Dauer und Lage ihrer Freizeittage gestalten wir wie folgt: die Gewährung eines Freizeittages erhält einheitlich den Wert 5 ($\Omega F^1 = 5$, $\forall t = 1, 2, 3, 4$; dadurch wird ein Freizeittag stets einem Arbeitstag vorgezogen), die Kombinationen der Freizeittage erhalten die Werte $\Omega K^1 = \Omega K^2 = 6$, $\Omega K^3 = 12$, $\Omega K^4 = 24$. Die Entscheidung über die Dauer der täglichen Arbeitszeit wird in der Zielfunktion anhand der Präferenzen der Unternehmensleitung für möglichst kurze Arbeitszeitdauern gesteuert; wir wählen folgende Präferenzwerte: $\Omega A^1 = 3$, $\Omega A^2 = 2$, $\Omega A^3 = 1$. Der in Halbstundenabschnitten angegebene Personalbedarf ist so gewählt, daß der tagesbezogene Personalbedarf an den ersten beiden Tagen jeweils zwei, an den letzten beiden Tagen jeweils drei Arbeitskräfte beträgt. Abbildung 51 zeigt den Personalbedarf sowie den Einsatzplan der Lösung. Die grau schattierten Felder markieren die den Arbeitskräften zugewiesenen Freizeittage.

Die Analyse des Einsatzplanes zeigt, daß die stundenbezogene Arbeitszeit pro Arbeitstag für alle Arbeitskräfte innerhalb des vorgegebenen Arbeitszeitrahmens liegt. Aufgrund der Struktur des Personalbedarfs wurde - außer für $i = 2$ in $t = 1$ und 2 sowie für $i = 1$ in $t = 4$ - die jeweils kürzest mögliche Arbeitszeitdauer zugewiesen. Vor dem Beginn und nach dem Ende der Anwesenheitszeit ist kein Einsatz im

²⁰⁶ Vgl. zur Übernahme von (T4.9) statt (D3.4) die allgemeinen Erläuterungen zu Modell T4 in Kap. 4.4 3.2, insb. Fußnote 199.

Leistungsprozess vorgesehen. Es werden in keinem Fall mehr als vier zusammenhängende Stunden gearbeitet. Die Personalüberausstattung beträgt fünfeinhalb Stunden; sie ist aufgrund der Mindestarbeitszeitdauer (vgl. insb. $t = 4$) und der Personalbedarfsstruktur nicht zu vermeiden. Bzgl. der tagesbezogenen Arbeitszeit ergibt sich im abgeleiteten Gesamteinsatzplan folgender Rhythmus: vier Arbeitstagen (diese setzen sich aus den Arbeitstagen $t = 2, 3, 4$ der Arbeitskraft $i = 4$ und dem Arbeitstag $t = 1$ der Arbeitskraft $i = 1$ zusammen) folgt ein Freizeittag, dann vier Arbeitstage, drei freie Tage, drei Arbeitstage und ein freier Tag. Dies ergibt innerhalb von 16 Tagen elf Arbeits- und fünf Freizeittage. Die Lage der Freizeittage, z.B. regelmäßig freie Wochenenden, wochenendnahe Freizeittage konnte aufgrund der Planung von vier Tagen, deren Vielfaches nicht der siebentägigen Woche entspricht, nicht befriedigend berücksichtigt werden²⁰⁷. Bereits bei diesem kurzen Planungszeitraum konnte der Lösungsalgorithmus bei der verfügbaren PC-Ausstattung die recht schnell erkannte, vermutlich optimale Lösung auch innerhalb von vier Wochen nicht als optimal bestätigen²⁰⁸.

Abb. 51: Einsatzplan des tour-scheduling bei offener Struktur der Arbeitstage und offener Arbeitszeitdauer (Modellösung T5)

t	1													
s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
PB	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1
1	-	-	-	-	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x
2	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	-	-
3														
4														
A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-

t	2													
s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
PB	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2
1														
2	-	-	-	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x
3	-	-	-	-	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x
4	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	-	-	-	-
A	-	-	-	-	-	1	-	-	2	2	-	-	-	-

²⁰⁷ Würde anders eine Sechs-Tage-Woche betrachtet, könnte die Gewährung eines freien Samstags bzw. Montags bei der Planung eines dreitägigen Zeitraums gesteuert werden.

²⁰⁸ Vgl. zur Problematik der Lösbarkeit der Modelle Kap. 5.2. Es stand ein PC Pentium 100 mit 32 MB Ram zur Verfügung. Die umfangreicheren Modelle wurden alle mit dem Standardsolver AIMMS der Firma Paragon gelöst.

t	3													
s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
PB	1	1	2	2	2	3	3	1	2	3	2	2	1	1
1	-	-	-	-	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x
2														
3	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	-	-	-	-
4	-	-	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	-	-
A	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-

t	4													
s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
PB	1	1	1	2	2	2	3	3	1	3	2	1	1	1
1	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	-	-	-
2														
3	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-
4	-	-	-	-	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x
A	1	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-

„x“/„-“ bedeutet: Einsatz/kein Einsatz im Leistungsprozeß

„A“ bedeutet: Personalüberausstattung

4.4.4. Berücksichtigung von Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten

Zur Berücksichtigung von Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten im Bereich des tour-scheduling konzentrieren wir uns auf deren Integration in Modell T5. Es erfolgt eine Entscheidung sowohl über die Dauer und Lage der Freizeit-/Arbeitstage als auch über die Dauer und Lage der stundenbezogenen Arbeitszeit pro Tag. Die betrachteten Arbeitszeitdauern verlangen eine Pause, es sind die Charakteristika der „standardisierten Woche“ unterstellt. Die (qualitativen) Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten ermöglichen Tätigkeitswechsel innerhalb eines Tages und nicht, wie im days-off-scheduling, nur zwischen einzelnen Tagen. Sie verlangen die Erfassung des Arbeitskräftezyklus für gleichqualifizierte Arbeitskräfte. Primär setzen sich die allgemeinen Formulierungen des Modells aus denen der Modelle T5, D5 und SQ zusammen. Die vorgenommenen Modifikationen betreffen allein die Restriktionen aus dem Bereich des shift-scheduling. Die unverändert übernommenen Restriktionen aus den Bereichen des tour- und des days-off-scheduling werden lediglich aufgelistet. Wir werden kein weiteres Beispiel präsentieren und führen folgende neue Symbole ein:

Datum

\overline{PB}_q^{st} := Personalbedarf der Tätigkeitsart q in Periode s (s ist ein halbstündiger Abschnitt) des Tages t

Variable

$$PE_{iq}^{st} := \begin{cases} 1, & \text{wenn Arbeitskraft } i \text{ in Periode } s \text{ des Tages } t \text{ für Tätigkeitsart } q \\ & \text{eingesetzt wird} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

MODELLFORMULIERUNGZielfunktion

(T5.Z)=(TQ.1)

SHIFT: Deckung des Personalbedarfs

$$\overline{PB}_q^{st} \leq \sum_{i \in I_q} PE_{iq}^{st} \quad \forall q = 1, 2, \dots, Q$$

$$\forall s = 1, 2, \dots, S$$

$$\forall t = 1, 2, \dots, T \quad (SQ.1) \approx (TQ.1)$$

SHIFT: Sicherstellen maximal einer Tätigkeit pro Periode für mehrfachqualifizierteArbeitskräfte

$$\sum_{q \in \underline{Q}_i} PE_{iq}^{st} \leq 1 \quad \forall i \in I^\#$$

$$\forall s = 1, 2, \dots, S$$

$$\forall t = 1, 2, \dots, T \quad (SQ.2) \approx (TQ.2)$$

SHIFT: Einsatz während der Dauer der zu wählenden Arbeitszeitkategorie

$$\sum_{s=1}^S \sum_{q \in \underline{Q}_i} PE_{iq}^{st} = \sum_{k=1}^K \overline{AZ}_k \cdot a_{ik}^t \quad \forall i = 1, 2, \dots, I$$

$$\forall t = 1, 2, \dots, T \quad (TQ.3)$$

SHIFT: Erkennen der täglichen Beginnzeitpunkte

$$\sum_{q \in \underline{Q}_i} \left(PE_{iq}^{st} - \sum_{s'=1}^{s-1} PE_{iq}^{s't} \right) \leq u_{is}^t \quad \forall i = 1, 2, \dots, I$$

$$\forall t = 1, 2, \dots, T$$

$$\forall s = 1, 2, \dots, S - \overline{A}^{\min} + 1 \quad (SQ.4) \approx (TQ.5)$$

SHIFT: Ausschluß unzulässiger Beginnzeitpunkte in Abhängigkeit von der gewählten Arbeitszeitkategorie

$$\left(\overline{A}_k - \overline{A}^{\min} \right) \cdot a_{ik}^t + \sum_{s=S-\overline{A}_k+2}^{S-\overline{A}^{\min}+1} u_{is}^t \leq \overline{A}_k - \overline{A}^{\min}$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I$$

$$\forall t = 1, 2, \dots, T$$

$$\forall k \in \underline{K} \setminus \{k, \text{ für die gilt: } \overline{A}_k = \overline{A}^{\min} \} \quad (T5.6) \approx (TQ.7)$$

SHIFT: Kein Einsatz nach dem Ende der Anwesenheitsdauer

$$\left((S - (s + \bar{A}_k) + 1) \cdot \#Q_i \right) \cdot (a_{ik}^t + u_{is}^t) \sum_{s'=s+\bar{A}_k}^S \sum_{q \in Q_i} PE_{iq}^{s't} \leq 2 \cdot (S - (s + \bar{A}_k) + 1) \cdot \#Q_i$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I; \quad \forall t = 1, 2, \dots, T$$

$$\forall k = 1, 2, \dots, K; \quad \forall s = 1, 2, \dots, S - \bar{A}_k \quad (\text{TQ.8})$$

SHIFT: Gewährleisten der zulässigen Pausenlage

$$\sum_{s'=s+\bar{A}_k - \overline{AD}^{\max} - 1}^{s + \overline{AD}^{\max}} \sum_{q \in Q_i} PE_{iq}^{s't} + a_{ik}^t + u_{is}^t \leq 2 \cdot \overline{AD}^{\max} - \bar{A}_k + 3$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I; \quad \forall t = 1, 2, \dots, T$$

$$\forall k = 1, 2, \dots, K; \quad \forall s = 1, 2, \dots, S - \bar{A}_k + 1 \quad (\text{TQ.9})$$

TOUR

- Erzwingen einer Arbeitszeitkategorie, sofern ein Arbeitstag vorliegt (T5.3)=(TQ.4)

- Erzwingen eines Beginnzeitpunktes, sofern ein Arbeitstag vorliegt (T5.5)=(TQ.6)

DAYS-OFF

- Mindestzahl Freizeittage pro Planungszeitraum für gleichqualifizierte Arbeitskräfte (D5.3)=(TQ.10)

- Begrenzung der Arbeitstage zwischen zwei Freizeittagen (D5.4)=(TQ.11)

- Definition der zu bewertenden Freizeitkombinationen (D5.5)=(TQ.12)

- Höchstzahl Freizeittage pro Arbeitskraft und Woche (D5.6)=(TQ.13)

- Höchstzahl wochenübergreifender Freizeittage pro Arbeitskraft (D5.7)=(TQ.14)

Nichtnegativitäts- und Ganzzahligkeitsbedingung

ERLÄUTERUNGEN ZU MODELL TQ

Im Bereich des days-off-scheduling hatten wir qualitative Mehrdeutigkeiten bereits ausführlich thematisiert, so daß wir die entsprechenden Restriktionen (vgl. (TQ.10) bis (TQ.14)) unkommentiert Modell D5 entnehmen können²⁰⁹. Die Restriktionen des tour-scheduling, welche (nur) bei Vorliegen eines Arbeitstages eine Arbeitszeitkategorie bzw. einen Beginnzeitpunkt erzwingen und unzulässige Beginnzeitpunkte ausschließen (vgl. (TQ.4), (TQ.6), (TQ.7)) sowie die Zielfunktion (vgl. (TQ.Z)) können

²⁰⁹ Vgl. bzgl. deren Erläuterung die Ausführungen in Kap. 4.3.3.2. Lediglich (D5.Z), (D5.1) und (D5.2) konnten wir aufgrund der neuen Abbildungszusammenhänge nicht übernehmen.

wir Modell T5 entnehmen. Sie enthalten keine, die unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten symbolisierenden Personaleinsatzvariablen. Anders ist die Situation im Bereich des shift-scheduling. Dort hatten wir qualitative Mehrdeutigkeiten bisher nur für die Abbildungssituation gegebener Arbeitszeitdauern berücksichtigt (vgl. Modell SQ). Wir müssen die Restriktionen des Modells SQ wie folgt modifizieren: (SQ.1), (SQ.2) und (SQ.4) ergänzen wir dahingehend, daß sie grundsätzlich für alle Tage gültig sind; es resultieren die Restriktionen zur Deckung des Personalbedarfs (vgl. (TQ.1)), zur Berücksichtigung, daß mehrfachqualifizierte Arbeitskräfte jede Periode nur eine Tätigkeitsart ausüben können (vgl. (TQ.2)), und zum Erkennen der täglichen Beginnzeitpunkte (vgl. (TQ.5))²¹⁰. Die Restriktionen (SQ.3), (SQ.6) und (SQ.7) kombinieren wir zusätzlich mit (T5.2), (T5.7) und (T5.8), so daß der (tägliche) Einsatz mit der Dauer der zu wählenden Arbeitszeitkategorie abgestimmt wird (vgl. (TQ.3)), ein Einsatz nach dem Ende der Anwesenheitsdauer verhindert wird (vgl. (TQ.8)) und eine zulässige Pausenlage gewährt wird (vgl. (TQ.9)). Wir werden diese im folgenden ausführlicher erläutern.

Erläuterung zum Einsatz während der Dauer der zu wählenden Arbeitszeitkategorie, zum Verhindern eines Einsatzes nach dem Ende der Anwesenheitsdauer sowie zum Gewährleisten der zulässigen Pausenlage

In den Restriktionen des Modells SQ berücksichtigen wir, daß eine mehrfachqualifizierte Arbeitskraft bei unterschiedlichen Tätigkeitsarten eingesetzt werden kann. Folglich kann die gegebene Arbeitszeit durch mehrere Einsatzalternativen erfüllt werden. Nach dem Ende der Anwesenheitsdauer müssen alle Einsatzalternativen verhindert werden und keine der Einsatzalternativen darf in der Periode der Pause zugewiesen werden. In den Restriktionen des Modells T5 gewährleisten wir diese Zusammenhänge bei (qualitativer) Bereitstellungs- und Verwendungseindeutigkeit für die Situation offener Arbeitszeitdauern während mehrerer Tage. Wir fügen diese beiden Zugeweisen für Modell TQ wie folgt zusammen:

$$\sum_{s=1}^S \sum_{q \in \underline{Q}_i} PE_{iq}^{st} = \sum_{k=1}^K \overline{AZ}_k \cdot a_{ik}^t \quad \forall i = 1, 2, \dots, I; \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (\text{TQ.3})$$

(TQ.3) gewährleistet, daß eine Arbeitskraft täglich während der gesamten Dauer der ihr zuzuweisenden Arbeitszeitkategorie in einer von ihr ausführbaren Tätigkeitsart ($q \in \underline{Q}_i$) eingesetzt wird. Dazu erfaßt die linke Gleichungsseite alle arbeitskraftspezifi-

²¹⁰ In (TQ.1), (TQ.2) und (TQ.5) führt dies zu einer zusätzlichen Indizierung des nun auch täglich zu deckenden, weiterhin in Halbstundenabschnitten schwankenden Personalbedarfs sowie der Variablen des Personaleinsatzes und des Beginnzeitpunktes mit dem Index t (\overline{PB}_{iq}^t , PE_{iq}^t , u_{iq}^t). Wir formulieren die Restriktionen für alle Tage $t = 1, 2, \dots, T$. Zusätzlich müssen wir in (TQ.5) aufgrund der ex-ante unbekanntenen Dauer der arbeitskraftspezifischen Arbeitszeit pro Tag als letztmöglichem Einsatzbeginnzeitpunkt den grundsätzlich letztmöglichem und nicht den arbeitskraftspezifisch letztmöglichem Einsatzbeginnzeitpunkt erfassen (\overline{A}^{mm}).

schen (produktiven) Einsatzalternativen während eines Tages (dies entspricht der linken Gleichungsseite von (SQ.3) erweitert um den Index t). Die rechte Gleichungsseite normiert die Ausprägung der linken auf die Dauer der der Arbeitskraft zuzuweisenden Arbeitszeitkategorie (dies entspricht der rechten Gleichungsseite von (T5.2)). Die Restriktion ist für alle Arbeitskräfte und alle Tage zu formulieren²¹¹.

$$\left((S - (s + \bar{A}_k) + 1) \cdot \#Q_i \right) \cdot (a_{ik}^t + u_{is}^t) \sum_{s'=s+\bar{A}_k}^S \sum_{q \in Q_i} PE_{iq}^{s't} \leq 2 \cdot (S - (s + \bar{A}_k) + 1) \cdot \#Q_i$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I; \forall k = 1, 2, \dots, K$$

$$\forall s = 1, 2, \dots, S - \bar{A}_k; \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (TQ.8)$$

(TQ.8) verhindert, daß nach dem Ende der modellendogen entschieden, mit Hilfe der Binärvariablen u_{is}^t und a_{ik}^t erkannten Anwesenheitsdauer ein Einsatz in einer der Tätigkeitsarten vorgesehen wird, die von der betrachteten Arbeitskraft ausgeübt werden können. Dazu erfassen wir auf der linken Ungleichungsseite die beiden Hilfsvariablen, multiplizieren diese mit der Anzahl der in der folgenden Summation erfaßten Variablen und normieren die rechte Ungleichungsseite auf maximal die doppelte Zahl der erfaßten Personaleinsatzvariablen. Die in der Summation erfaßten Personaleinsatzvariablen symbolisieren einen Einsatz in den von der Arbeitskraft ausübaren Tätigkeitsarten nach dem Ende der Anwesenheitsdauer. Diese müssen (nur) dann den Wert 0 annehmen, wenn sowohl die betrachtete Arbeitszeitkategorie als auch der betrachtete Einsatzbeginnzeitpunkt vorliegen²¹². Wir formulieren die Restriktion für alle Arbeitskräfte, alle Arbeitszeitkategorien, alle arbeitszeitkategorie-spezifischen Beginnzeitpunkte und alle Planungstage. Für eine beliebige Arbeitskraft i , welche die Tätigkeitsarten $q = 1$ und 2 ausführen kann ($\#Q_i = 2$), eine Betriebszeitdauer von $S = 20$, die Arbeitszeitkategorien $k = 1, 2$ ($\bar{A}_1 = 15, \bar{A}_2 = 16$) sowie die Beginnzeitpunkte $s = 3, 4$ lautet die für einen beliebigen Tag t ausformulierte Restriktion wie folgt:

$$k = 1, s = 3: 6 \cdot a_{i1}^t + 6 \cdot u_{i3}^t + PE_{i1}^{18t} + PE_{i2}^{18t} + PE_{i1}^{19t} + PE_{i2}^{19t} + PE_{i1}^{20t} + PE_{i2}^{20t} \leq 12$$

$$s = 4: 4 \cdot a_{i1}^t + 4 \cdot u_{i4}^t + PE_{i1}^{19t} + PE_{i2}^{19t} + PE_{i1}^{20t} + PE_{i2}^{20t} \leq 8$$

²¹¹ An den Tagen, die für die betrachtete Arbeitskraft nicht als Arbeitstag vorgesehen sind, nimmt a_{ik}^t aufgrund von (TQ.4) den Wert 0 an, alle Personaleinsatzvariablen nehmen den Wert 0 an. Auch in (TQ.5) wird dann kein Einsatzbeginn erkannt, und (TQ.8) (kein Einsatz nach dem Ende der Anwesenheitsdauer) und (TQ.9) (Gewährleisten der zulässigen Pause) wirken nicht begrenzend.

²¹² Die Formulierung setzt sich aus denen der Restriktionen (SQ.6) und (T5.7) zusammen. Erstere erfaßt den abgebildeten Sachverhalt für die Planung eines Tages, die Betrachtung gegebener Arbeitszeitdauern und Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten, letztere für die Planung mehrerer Tage, offene Arbeitszeitdauern und Bereitstellungs- und Verwendungseindeutigkeiten. Vgl. deren Erläuterungen in Kap. 4.2.4 und Kap. 4.4.3.3.

$$k = 2, s = 3: 4 \cdot a_{i2}^t + 4 \cdot u_{i3}^t + PE_{i1}^{19t} + PE_{i2}^{19t} + PE_{i1}^{20t} + PE_{i2}^{20t} \leq 8$$

$$s = 4: 2 \cdot a_{i2}^t + 2 \cdot u_{i4}^t + PE_{i1}^{20t} + PE_{i2}^{20t} \leq 4$$

$$s' = s + \bar{A}_k - \overline{AD}^{\max} - 1 \quad q \in \underline{Q}_i$$

$$\sum_{s' = s + \bar{A}_k - \overline{AD}^{\max} - 1}^{s + \overline{AD}^{\max}} \sum_{q \in \underline{Q}_i} PE_{iq}^{s't} + a_{ik}^t + u_{is}^t \leq 2 \cdot \overline{AD}^{\max} - \bar{A}_k + 3$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, I, \forall k = 1, 2, \dots, K$$

$$\forall s = 1, 2, \dots, S - \bar{A}_k + 1, \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (TQ.9)$$

Für (TQ.9) entnehmen wir (T5.8) die Formulierungen für das Gewähren einer zulässigen Pausenlage für offene Arbeitszeitdauern, Bereitstellungs- und Verwendungseindeutigkeit und die Planung mehrerer Tage und kombinieren diese mit den Formulierungen der Restriktion (SQ.7) bzgl. der Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten. Folglich erfaßt die linke Ungleichungsseite alle, nach Tätigkeitsarten unterschiedenen Personaleinsatzvariablen der betrachteten Arbeitskraft, die im Zeitkorridor der zulässigen Pause liegen. Zu diesen sind die Binärvariablen addiert, die die Zuweisung der betrachteten Arbeitszeitkategorie und des betrachteten Einsatzbeginns symbolisieren. Die rechte Ungleichungsseite ist begrenzt auf die Zahl der erfaßten Perioden, in denen die Pause liegen kann zuzüglich des Wertes 1²¹³. Im Zusammenspiel mit (TQ.2), welche pro Planungsperiode nur maximal einen Einsatz zuläßt, müssen dadurch (mindestens/und höchstens) in einer Periode alle (qualitativ differenzierten) Personaleinsatzvariablen den die Pause symbolisierenden Wert 0 annehmen, wenn der Einsatz in der betrachteten Periode beginnt und die betrachtete Arbeitszeitkategorie zugewiesen wird. Die Restriktion ist für alle Arbeitskräfte, alle Arbeitszeitkategorien, alle arbeitszeitkategorie-spezifischen Beginnzeitpunkte und alle Planungstage zu formulieren. Für eine beliebige Arbeitskraft i , welche die Tätigkeitsarten $q = 1, 2$ ausführen kann ($\#Q_i = 2$), die Arbeitszeitkategorie $k = 1$ ($\bar{A}_1 = 15$), eine maximal zulässige zusammenhängende Arbeitszeitdauer von $\overline{AD}^{\max} = 12$ sowie den Beginnzeitpunkt $s = 3$ lautet die für einen beliebigen Tag t ausformulierte Restriktion wie folgt:

$$PE_{i1}^{5t} + PE_{i2}^{5t} + PE_{i1}^{6t} + PE_{i2}^{6t} + PE_{i1}^{7t} + PE_{i2}^{7t} + PE_{i1}^{8t} + PE_{i2}^{8t} + PE_{i1}^{9t} + PE_{i2}^{9t} +$$

$$PE_{i1}^{10t} + PE_{i2}^{10t} + PE_{i1}^{11t} + PE_{i2}^{11t} + PE_{i1}^{12t} + PE_{i2}^{12t} + PE_{i1}^{13t} + PE_{i2}^{13t} + PE_{i1}^{14t} + PE_{i2}^{14t} + PE_{i1}^{15t} +$$

$$PE_{i2}^{15t} + a_{i1}^t + u_{i3}^t \leq 12.$$

²¹³ Wir addieren zu den Perioden in denen die Pause liegen kann $((S + \overline{AD}^{\max}) - (S + \bar{A}_k - \overline{AD}^{\max} - 1) + 1 = 2 \cdot \overline{AD}^{\max} - \bar{A}_k + 2)$ zwei Hilfsvariablen. Erst wenn beide Hilfsvariablen den Wert 1 annehmen, müssen die Variablen einer Periode den die Pause symbolisierenden Wert 0 annehmen. Dies stellt die Addition des Wertes 1 sicher.

5. Beurteilung der impliziten Modellierung flexibler Arbeitszeiten

5.1. Einfluß der Zielfunktion

5.1.1. Rationalität und Meßbarkeit von Zielen

Ziele beschreiben einen gewollten (zukünftigen) Zustand im Sinne einer „antizipierte(n) Vorstellung der Wirkung unseres Handelns“¹. Unter betriebswirtschaftlichen Aspekten können sie in Sach- und Formalziele² unterteilt werden. In ihren Elementen können sie nach dem Zielinhalt, der Zielperson, der Zielzeit und dem Zielraum strukturiert werden. Dabei umfaßt der Zielinhalt das Zielobjekt und die Zielausprägung, letztere die Zieleigenschaften, den Zielmaßstab sowie ihre Bewertungsrelation³. Diese Elemente erkennen wir wie folgt in den formulierten Modellen: Das Zielobjekt ist die Bestimmung des Niveaus (und der Struktur) von Personalausstattungen sowie die Integration mitbestimmter Arbeitszeitformen; im Restriktionenraum wird zusätzlich die Erbringung der Leistungserstellung und die Einhaltung der rechtlichen Rahmenbedingungen erzielt. Die Zielausprägung umfaßt mit den „Kosten der Personalausstattung“ bzw. den „Präferenzen der Arbeitszeiten“ die den Zielobjekten zugewiesenen Zieleigenschaften⁴. In den Kosten- und Präferenzwerten erkennen wir den Zielmaßstab zur Quantifizierung der Eigenschaften, in den Minimierungs- bzw. Maximierungsvorschriften die Bewertungsrelation derselben. Das Element der Zielperson steht für die Personengebundenheit der Ziele⁵. Wir erkennen in den direkt Betroffenen (Arbeitnehmer und Arbeitgeber) bzw. deren Vertretern (Tarifvertragsparteien, Betriebspartner) die Zielartikulanten, in den Arbeitskräften, die die Leistung im Produktionsprozeß erbringen, die Zieladressaten. Die die temporale Bedingtheit jeglicher Zielsetzung erfassende Zielzeit entspricht in den Modellen (mindestens) der Länge des Gesamteinsetzplanes, der den lokalen oder geographischen Gültigkeitsbereich ab-

¹ BIDLINGMAIER (1964), S. 28. Vgl. ähnlich u a. HEINEN (1966), im Nachdruck (1971), S. 45; HAUSCHILDT (1974), S. 415.

² „Das Sachziel der Unternehmungen bezieht sich auf Art, Menge und Zeitpunkt der im Markt abzusetzenden Produkte. ... [Es] wird damit der qualitative und quantitative Beitrag der Unternehmung zur gesellschaftlichen Bedarfsdeckung zeitlich festgelegt. Als Formalziel wird dagegen die Wirtschaftlichkeit, insbesondere die Rentabilität aufgefaßt.“ KOSIOL (1966), S. 212, (kritisch) ergänzend SCHMIDT-SUDHOFF (1967) S. 93f.

³ Vgl. HAMEL (1989), Sp. 2304 - 2307, HAUSCHILDT (1970), S. 551 - 558, (1977), S. 9 - 16 und HEINEN (1966), (1971), S. 45, 59 - 89; bzgl. weiterer Ansätze ähnlicher Elemente z.B. BIDLINGMAIER (1968), S. 20, 31 - 41; BERTHEL (1973), S. 23 - 86, (1974), S. 380, 384.

⁴ Vgl. zur Zieleigenschaft auch HAUSCHILDT (1970), S. 551. Er nennt als Bsp. die Bewertung von Investitionsobjekten (Zielobjekt) anhand der Zieleigenschaften Wirtschaftlichkeit, Abmessung, Geschwindigkeit und Kapazität. Vgl. ähnlich DINKELBACH (1978), S. 53.

⁵ Vgl. für alternative Zielvorstellungen der Satisfizierung und Fixierung z.B. BITZ (1981), S. 35 - 38, sowie zur formalen Überführung von Satisfizierungs-, Approximierungs-, Fixierungs- und Minimierungszielen in Maximierungsziele DINKELBACH (1978), S. 51 - 57, übersichtlicher LAUX (1991), S. 30 - 32.

grenzende Zielraum dem Planungsbereich der Gruppe, der Abteilung oder des Betriebes. Wir analysieren im folgenden die einzelnen Elemente, ohne auf die zuletzt genannten Elemente des Zielraumes, der Zielzeit und des Zieladressaten differenzierter einzugehen.

Zur Analyse der Zielobjekte sowie der Rationalität ihrer Wahl folgen wir der geläufigen Unterscheidung von formaler (methodischer, prozeduraler) und substantieller (inhaltliche, materiale) Rationalität⁶. Wir bezeichnen die Struktur der aufgeführten Zielelemente als formal rational, da wir diese als „gegenüber inner- und außerbetrieblichen Restriktionen und Bedingungen invariant“⁷ annehmen. Zur Prüfung ihrer substantiellen Rationalität wenden wir uns der Entscheidungssituation personalwirtschaftlichen Handelns zu und überprüfen die betrachteten Zielobjekte auf ihre ökonomische, politisch-rechtliche, sozio-kulturelle sowie technisch-organisatorische Rationalität i.S.v. Legitimierbarkeit⁸.

- Die ökonomische Legitimierbarkeit entstammt der Idee des Wirtschaftlichkeitsprinzips. Dieses erfaßt, daß ein gegebenes Ziel mit möglichst geringen Kosten erreicht oder gegebene Ressourcen möglichst ergiebig ausgeschöpft werden soll(en). Wir wahren diese Ausprägung substantieller Rationalität durch die Bestimmung der kostenminimalen Personalausstattung in den Zielsetzungen der Modelle D1 und D4 und in allen auf deren Lösungen aufbauenden Modellen des days-off- und des tour-scheduling. Bei den Modellen des shift-scheduling gehen wir von einer gegebenen, kostenminimalen Personalausstattung aus und formulieren Modelle der reinen Personaleinsatzplanung, die die Kosten der Ausstattung nicht beeinflussen.
- Die politisch-rechtliche Legitimierbarkeit impliziert die rechtliche Zulässigkeit der Lösungen. Wir bewerten sie hoch, indem wir rechtlich zwingende Arbeitszeitvorschriften im Restriktionsraum integrieren und fakultative Regelungen, sofern sie von den Beteiligten als wünschenswert erachtet werden, in der Zielfunktion erfassen. In den Modellen des days-off-scheduling sahen wir, daß die ökonomische und

⁶ Vgl. zu dieser Begriffsbildung SCHMIDT/SCHIRMEISTER (1989), Sp. 1480; bzgl. einer allgemeineren Diskussion des Rationalitätsbegriffs GOTTWALD (1990), S. 18 - 22 sowie die dort angegebene Literatur.

⁷ HAMEL (1989), Sp. 2307. Die Beurteilung der Zielelementarisierung als formal rational entspricht der Beurteilung von Planung als formal rational, wenn diese „logisch einwandfrei zustandekommt, und aus ihr die ... zielwirksamste Alternative gewählt werden kann“ SCHMIDT/SCHIRMEISTER (1989), Sp. 1480.

⁸ Wir folgen der Idee, daß Personalwirtschaftslehre als Teilgebiet der entscheidungsorientierten Betriebswirtschaftslehre verstanden wird und sich folglich „mit dem Vorbereiten, dem Treffen und der Umsetzung ökonomisch legitimierbarer Entscheidungen zur Lösung von Personalproblemen befaßt“ KOSSBIEL/SPENGLER (1997), S. 60. Vgl. zu den Legitimationsgrundlagen KOSSBIEL (1997), S. 8; erläuternd KOSSBIEL/SPENGLER (1997), S. 60f.

die politisch-rechtliche Rationalität in einem konfliktären Verhältnis zueinander stehen können⁹.

- Die sozio-kulturelle Legitimierbarkeit erfaßt, ob ein Handeln sozial vertretbar ist, d.h. ob es sich „mit Blick auf die gesellschaftliche Wertekonfiguration und das daraus abgeleitete Normengefüge rechtfertigen läßt“¹⁰. Es ist folglich durchaus rational, wenn wir unter der Bedingung einer gegebenen kostenminimalen Personalausstattung¹¹ die Arbeitszeitpräferenzen der Beteiligten in der Zielfunktion maximieren. Sehen wir die Berücksichtigung von zu maximierenden Arbeitnehmerpräferenzen zudem als Mitbestimmungsmöglichkeit der Arbeitskräfte bei der Gestaltung der (temporalen) Arbeitsbedingungen, so kann diese die Teilnahmeentscheidung und Leistungsmotivation der Arbeitskräfte positiv beeinflussen und in einem komplementären Verhältnis zur ökonomischen Rationalität stehen¹².
- Die technisch-organisatorische Legitimierbarkeit erfaßt, ob einzelne Gestaltungsmöglichkeiten innerhalb der verfahrensmäßigen Voraussetzungen rational sind¹³. So unterliegen z.B. mitbestimmte Arbeitszeitformen in der Fließbandfertigung an

⁹ Betrag z.B. innerhalb einer siebentägigen Betriebszeitdauer der tägliche Personalbedarf zwei Arbeitskräfte, die (kostenminimale) Personalausstattung drei Arbeitskräfte und sollen stets zusammenhängende Freizeittage, aber maximal sechs zusammenhängende Arbeitstage gewährt werden, so können zwar innerhalb von neun Wochen jeder Arbeitskraft drei freie Wochenenden gewährt werden, diese folgen jedoch direkt aufeinander, so daß den Arbeitskräften erst nach je sechs Wochen ein freies Wochenende (dann aber drei in Folge) zugewiesen wird. Sollen die freien Wochenenden im dreiwöchigen Rhythmus gewährt werden, muß entweder die (rechtliche) Forderung nach stets mindestens zwei zusammenhängenden Freizeittagen aufgegeben oder die Personalausstattung erhöht werden.

¹⁰ KOSSBIEL/SPENGLER (1997), S. 61. Vgl. ähnlich den Begriff der sozialen Rationalität in KIRSCH (1965), S. 62f. sowie den Begriff der moralisch-normativen (Handlungs-)Rationalität von NEUBERGER (1984), S. 178 - 182, 184. KOSSBIEL/SPENGLER (1998) S. 19f. sehen in letzterem eine Verbindung zur politisch-rechtlichen Legitimation. Ökonomische und soziale Formalziele im Bereich der betrieblichen Personalwirtschaft thematisiert gleichfalls BISANI (1992), Sp. 1620, wobei er unter sozial „die Berücksichtigung der persönlichen Erwartungen der Mitarbeiter“ versteht.

¹¹ Diese sichert ökonomische Rationalität und weist auf das potentiell konfliktäre Verhältnis der beiden Legitimationsgrundlagen hin

¹² Vgl. zur Möglichkeit, daß die Berücksichtigung individueller Arbeitszeitwünsche den empfundenen Nutzenentgang durch die an die Organisation zu leistenden Beiträge reduzieren und damit die Teilnahmeentscheidung positiv beeinflussen kann MARCH/SIMON (1976), S. 81 - 105. Diese sowie die Leistungsmotivation der Arbeitskräfte beeinflussen die Verfügbarkeit und Wirksamkeit von Personal. Eine leicht erreichbare Verfügbarkeit kann dabei die Personalbeschaffungskosten senken, die Leistungsmotivation kann die Arbeitsproduktivität, diese die Qualität des Outputs bestimmen.

¹³ Vgl. ähnlich der Begriff der technisch-instrumentellen (Handlungs-)Rationalität von NEUBERGER (1984), S. 173 - 178, 184; sowie den von der „economic optimality“ abgegrenzten Begriff der „technological optimality“ von SIMON (1951), S. 3.

deren Schranken als in der Dienstleistungsproduktion. Im Rahmen dieser Arbeit hatten wir dieses Problem als gelöst unterstellt¹⁴.

Sind die Bestimmung einer kostenminimalen Personalausstattung bzw. die Berücksichtigung von mitbestimmten Arbeitszeitformen als substantiell rationale Zielobjekte akzeptiert, so muß der zu wählende Zielmaßstab sicherstellen, daß die Zieleigenschaften (Kosten, Präferenzen) und die verfolgten Bewertungsrelationen (Mini-, Maximierung) korrekt wiedergegeben werden. Wir greifen dazu auf die Erkenntnisse der Meßtheorie zurück und wählen für die (mathematischen Operationen zugänglichen) Kosten- bzw. Präferenzwerte einen Skalentyp, der sowohl die Voraussetzungen an die Struktur der abzubildenden (empirischen) Sachverhalte (Repräsentationstheorem¹⁵) als auch die jeweils zulässigen Transformationen definiert (Eindeutigkeitstheorem¹⁶). Für jedes Zielobjekt ist somit zu prüfen, ob die angegebenen Kosten bzw. Präferenzen - im Sinne des Repräsentationstheorems - differenzierend, ordnend und mit klaren Abständen belegt sind. Anschließend ist der Skalentyp, der zugleich die zulässigen Rechenoperationen bestimmt, zu wählen (Erfüllung des Eindeutigkeitstheorems). Wir beschränken uns im folgenden auf die vier gängigen Skalentypen (Nominal-, Ordinal-, Intervall- und Verhältnisskala) und überprüfen diese bzgl. ihrer Anwendbarkeit auf unsere Problemstellung¹⁷.

- Nominalskalen unterscheiden nur Identität und Diversität, Rechenoperationen sind unzulässig. Eine zweckmäßige Anwendung der Nominalskala erfolgt bei der Bildung von Indexmengen¹⁸.

- ¹⁴ Vgl. ähnlich KOSSBIEL (1997), S. 8. Dort unterstellt Kossbiel für den Gestaltungsbereich der Personalausstattung „technische“ Machbarkeit als Quasi-Selbstverständlichkeit, um andere Legitimierbarkeiten überhaupt sinnvoll thematisieren zu können.
- ¹⁵ Das Repräsentationstheorem spezifiziert „die Voraussetzungen ..., die für das empirische Relativ erfüllt sein müssen, damit ein Homomorphismus des empirischen in ein numerisches Relativ existiert“ TRÄNKLE (1985), S. 14; vgl. ergänzend ORTH (1974), S. 21 - 23, 33 - 91, (1983), S. 136 - 180, überblicksartig z.B. HAMERLE/KEMÉNY (1981), S. 75 - 82.
- ¹⁶ Allgemein gilt, „daß der Skalentyp ... über die Art der Transformationen definiert wird, die ohne Änderung der bedeutsamen, d.h. empirische Gegebenheiten repräsentierenden Relationen erlaubt sind.“ TRÄNKLE (1985), S. 8.
- ¹⁷ Wir folgen der üblichen hierarchischen Sortierung, die sich von Stufe zu Stufe stets durch zusätzliche Eigenschaften der Skalenniveaus und durch ein Mehr an zulässigen Rechenoperationen auszeichnen. Vgl. zur Trennung von Diversität, Rang, Abstand und daraus abgeleiteten Skalen ADAM (1959), S. 19 - 23; für eine allgemeine Darstellung z.B. SEIL (1967), S. 34 - 51; ORTH (1974), S. 25 - 29; BITZ (1977), S. 81 - 90; HAMERLE/KEMÉNY (1981), S. 79 - 89; TRÄNKLE (1985), S. 8 - 13; erstmals STEVENS (1946), S. 678, (1951), S. 23 - 30.
- ¹⁸ Wir hatten zur Bildung von Indexmengen z.B. nach dem qualitativen Bereitstellungs- (I_q) und Verwendungsspektrum (Q_i) unterschieden, indem wir die Arbeitskräfte danach gruppieren, ob sie relevante Tätigkeitsarten ausüben können. Ebenso bildeten wir in der temporalen Dimension nominalskalierte Mengen danach, ob Arbeitskräfte nach betrachteten Arbeitszeitkategorien bereitgestellt werden können (I_k).

- Ordinalskalen legen zusätzlich zur Gleichheitsrelation eine Ordnungsrelation (Rangfolge) fest, ohne eine Interpretation der Abstände zuzulassen. Es können (sinnvoll) maximale oder minimale Werte festgestellt werden, Summation und Division sind unzulässig. Ordinalskalierte Arbeitszeitwünsche der Arbeitskräfte können in der Weise gereiht werden, daß z.B. dreitägige Freizeitblöcke zweitägigen und diese eintägigen Freizeitblöcken vorgezogen werden. Unklar bleibt dabei, um wieviel mehr ein Freizeitblock vorgezogen wird; wir können ordinalskalierte Werte aufgrund der Unzulässigkeit arithmetischer Operationen nicht in mathematische Zielfunktionen integrieren.
- Intervallskalen fügen der Diversifizierung und der Rangfolge einen interpretierbaren Abstand hinzu; die Bildung arithmetischer Mittelwerte, die Addition und Subtraktion wird zulässig. Intervallskalierte Arbeitszeitpräferenzen beschreiben folglich, um wieviel mehr z.B. eine dreitägige einer zweitägigen Freizeit vorgezogen wird. Den Arbeitskräften wird diese Angabe aufgrund der Vielfalt an Variierungsmöglichkeiten der Arbeitszeitgestaltung häufig nicht leicht fallen¹⁹. In den vorliegenden Modellen übertragen wir unterstellte (ordinalskalierte) Präferenzrelationen auf eine mögliche (einheitliche) Intervallskala, um dadurch der Summationsvorschrift der Zielfunktion zu genügen.
- Wird der Intervallskala ein natürlicher Nullpunkt hinzugefügt, so entsteht das nächst höhere Niveau der Verhältnisskalen und alle Rechenoperationen werden zulässig. Wir erkennen die Kosten der Personalausstattung als Beispiel für dieses Skalenniveau.

5.1.2. Zielobjekte und Zielkonflikte

Erinnern wir der in Kapitel 5.1.1. thematisierten Zielobjekte, und betrachten wir den Konflikt um die monetären Zielgrößen als außerbetrieblich durch die Tarifpartner zu lösendes Problem, so können sich die Arbeitszeitpräferenzen der Beteiligten auf die stundenbezogene Arbeitszeitdauer und -lage pro Tag sowie auf die Dauer und Lage der Freizeit-/Arbeitstage pro Woche beziehen²⁰. Kombinieren wir diese Präferenzobjekte mit dem Zielelement Zielartikulant, so können wir für diesen zwei polarisierende Gruppen erkennen: den direkt betroffenen Arbeitgeber bzw. dessen kollektive Vertreter (Arbeitgeberverband) und den direkt betroffenen Arbeitnehmer bzw. dessen kollektive Vertreter (Betriebsrat, Gewerkschaft). Abbildung 52 zeigt das aus der Kombination der Ausprägungen der Zielobjekte und der Zielartikulanten resultierende Acht-Felder-Schema möglicher Arbeitszeitpräferenzen. Wir werden diese im folgenden erklären.

¹⁹ Auf die hier nur kurz angesprochene Komplexitätsproblematik werden wir in Kap. 5.1.3 bei der Beurteilung der formulierten Zielfunktionen eingehen.

²⁰ Die Präferenzobjekte orientieren sich an den Anwendungsfällen shift-, days-off- und tour-scheduling. Die Pausenpräferenzwerte wollen wir als nur sekundär vernachlässigen.

Abb. 52: Arbeitszeitpräferenzen in Abhängigkeit von den Zielartikulant und den Zielobjekten

Zielobjekt Ziel- artikulant	stundenbezo- gene Arbeits- zeitdauer	stundenbezo- gene Arbeits- zeitlage	Dauer zusam- menhängender Freizeittage	Lage zusam- menhängender Freizeittage
Arbeitgeber	<i>Minimierung</i>	<i>Indifferenz</i>	<i>Indifferenz</i>	<i>Indifferenz</i>
- Arbeitnehmer - Vertreter	<i>Individuell</i> --	<i>Individuell</i> --	<i>Individuell</i> <i>Kollektiv</i>	<i>Individuell</i> <i>Kollektiv</i>

Betrachten wir zunächst den Zielartikulant „Arbeitgeber“ (bzw. dessen Vertreter), so unterstellen wir diesem (vereinfachend) nur ökonomisch rationale Interessen. Dies führt zu folgenden - u.E. plausiblen - Präferenzen²¹: Bzgl. der Dauer der stundenbezogenen Arbeitszeit pro Tag hat der Arbeitgeber grundsätzlich ein Minimierungsinteresse, sofern an diese Lohnzahlungen gekoppelt sind²². Er wird die bereitgestellte Arbeitszeit möglichst vollständig zur Erfüllung des Leistungsprogramms nutzen und möglichst wenig situative Personalbedarfsüberdeckung zulassen wollen. Bzgl. der Lage der stundenbezogenen, arbeitskraftspezifischen Arbeitszeit pro Tag ist der Arbeitgeber indifferent, solange das in seiner zeitlichen Struktur vorgegebene Leistungsprogramm erfüllt wird. Wer innerhalb einer gegebenen Qualifikation(sstruktur²³) wann arbeitet, ist dem Arbeitgeber gleichgültig, solange keine affektiv verursachten Differenzen zwischen den Arbeitskräften auftreten. Diese sind ursächlich jedoch keine Folge der Gestaltung des temporalen, sondern eher der Gestaltung des sozialen Arbeitsumfelds, folglich separat zu erfassen²⁴. Für die Dauer der zusammenhängenden Freizeittage kann der Arbeitgeber restringierende Mindest- und Höchstgrenzen festlegen; danach bestimmt sich die abzubildende Arbeitszeitform, innerhalb derer dem Arbeitgeber Indifferenz über die situative Dauer der zusammenhängenden Freizeittage unterstellt wird. Er ist gleichfalls indifferent bzgl. der Lage zusammenhängender Freizeittage. Unter den bereits bei der Lage der stundenbezogenen

²¹ Es sei daran erinnert, daß sich alle im folgenden diskutierten Zielfunktionselemente auf Modelle der reinen Personaleinsatzplanung beziehen. Die Verteilung der bereitgestellten Arbeitszeit erfolgt innerhalb der arbeitsvertraglich festgelegten Rahmenarbeitszeit; Ausgleichszeiträume oder Gleichbehandlungspostulate sind im Restriktionenraum zu berücksichtigen.

²² Die Kopplung von Lohnzahlungen an die geleistete Arbeitszeit kann z.B. durch die Zahlung eines Stundenlohns oder durch die Entlohnung einer vertraglich vereinbarten Leistung innerhalb eines vereinbarten Zeitkontingents, wie sie in den Arbeitsverträgen abhängig Beschäftigter üblicherweise vorgesehen sind, erfolgen.

²³ Der Begriff „Qualifikationsstruktur“ beschreibt Situationen, in denen zwei unterschiedlich qualifizierte Arbeitskräfte zur Ausübung der geforderten Tätigkeit zusammenarbeiten müssen.

²⁴ Affektiv verursachte Differenzen in Folge der Gestaltung des sozialen Arbeitsumfelds können z.B. bei der Zusammenarbeit von Arbeitskräften ethnisch rivalisierender Gruppen auftreten. Vgl. zur Unterscheidung von Arbeitsfeld und -umfeld als Ansatzpunkte betrieblicher Einflußnahme auf die Arbeitsgestaltung KOSSBIEL (1994), S. 454.

Arbeitszeit pro Tag diskutierten Bedingungen möchte er nicht beeinflussen, wer wann welche Freizeittage erhält. Unterstellten wir ihm ein konfliktvermeidendes Gleichverteilungsinteresse, würden wir dieses im Restriktionenraum berücksichtigen.

Die substantielle Rationalität der Berücksichtigung individueller bzw. kollektiver Arbeitszeitpräferenzen der Zielartikulant^{en} „Arbeitnehmer“ bzw. deren kollektiven Vertreter diskutieren wir differenziert nach der Planungssituation „standardisierte“ und „explizite Woche(n)“. Während die planungsaufwendigere Situation „explizite Woche(n)“ individuelle Wünsche der Arbeitnehmer zuläßt (oberer Teil der zweiten Zeile), verlangt die Planungssituation „standardisierte Woche(n)“ homogene Arbeitszeitpräferenzen der Arbeitnehmer; wir betrachten dann deren kollektive Vertreter (unterer Teil der zweiten Zeile).

- Bzgl. der Dauer der stundenbezogenen Arbeitszeit pro Tag sind individuelle Arbeitszeitwünsche eine realistische Annahme, die bei der Planung „expliziter Woche(n)“ in der Zielfunktion berücksichtigt werden kann²⁵. Kollektive Arbeitszeitwünsche, z.B. in der Form, daß alle während eines betrachteten Zeitraums möglichst lang oder möglichst kurz arbeiten möchten, können einerseits kaum realistisch begründet werden²⁶. Andererseits würde der einheitliche Wunsch, an z.B. einem speziellen Tag möglichst wenig oder viel zu arbeiten, bei der Einsatzplanung lediglich zu Zufallsauswahlen bei der Zuweisung der gewünschten Arbeitszeit führen, wenn das Leistungsprogramm zu diesen Zeiten eine gegenläufige Bedarfsstruktur aufweist.
- Bzgl. der Lage der stundenbezogenen Arbeitszeit pro Tag ergibt sich ein ähnliches Bild wie bei deren Dauer. Heterogene Arbeitszeitwünsche als Folge z.B. unterschiedlicher „chronobiologischer Rhythmen“ der Arbeitskräfte²⁷ lassen sich ratio-

²⁵ Die Berücksichtigung individueller Wünsche bzgl. der Dauer der täglichen Arbeitszeit wird im Restriktionenraum entweder die Einführung und Begrenzung einer Schlupfvariablen (interpretiert als Personalüberausstattung) bei der Abstimmung von Personalbedarf und -einsatz oder die Planung des gesamten Ausgleichszeitraums, innerhalb dessen die Arbeitszeitdauer erfüllt werden muß, verlangen. Die Einführung einer Schlupfvariablen und deren Beschränkung würde verhindern, daß den Arbeitskräften in der Zielfunktion hoch bewertete, bezogen auf die Struktur des Personalbedarfs jedoch übermäßig lange Arbeitszeitdauern zugewiesen werden, wodurch in einzelnen Perioden sehr viel mehr Arbeitszeitvolumen bereitgestellt würde, als aufgrund des Leistungsprogramms gefordert ist. In späteren Perioden könnten dann zeitliche Engpässe auftreten. Die Beschränkung der Schlupfvariablen könnte mit dem Ziel der Gleichverteilung selbiger erfolgen (vgl. z.B. KEITH (1979), S. 38f.); die Festlegung ihrer absoluten Höhe bleibt problematisch.

²⁶ Vgl. dazu die Ausführungen in Kap. 2.3.2 zu den sozio-kulturellen Bedingungen flexibler Arbeitszeiten sowie exemplarisch die von KLAGES (1993), S. 11 - 13 abgeleiteten unterschiedlichen Wertetypen.

²⁷ Vgl. zur Erläuterung „chronobiologischer Rhythmen“ z.B. LUCZAK (1998), S. 231 - 236 (er spricht von „zirkadianem Rhythmus“); GRAF (1960), S. 14 - 17, ULICH (1970), S. 281 - 294; Gerade die Berücksichtigung „chronobiologisch“ begründeter Wünsche kann auch ökonomisch rational sein, determinieren diese zugleich die Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter.

nal begründen und in der Planungssituation „explizite Woche(n)“ erfassen. Kollektive Arbeitszeitpräferenzen erscheinen dagegen kaum rational begründbar und würden - bei entsprechender Datenkonstellation - in der Einsatzplanung erneut nur zu Zufallsauswahlen bei der Zuweisung der gewünschten Arbeitszeit führen. Sofern Wünsche bzgl. der Pausenlage berücksichtigt werden sollen, können diese zum einen individuell vorliegen, zum anderen könnte auf kollektiver Ebene erstrebt werden, die Pausen möglichst innerhalb z.B. der üblichen Mittagstischzeiten zu plazieren.

- Bzgl. der Dauer und Lage zusammenhängender Freizeittage können wir uns sowohl auf individuelle als auch auf kollektive Präferenzen stützen. Individuelle Präferenzen können in der Planungssituation „explizite Woche(n)“ z.B. ausdrücken, daß die Idee des einheitlich gewünschten freien Wochenendes durchaus gegen die Wünsche der Personen verstoßen, die primär möglichst viele zusammenhängende Freizeittage bevorzugen, auf die wochentagsbezogene Lage derselben aber keinen oder einen geringen Wert legen. Kollektive Präferenzen können tarifliche Soll-Regelungen²⁸ abbilden, sie sind dann sowohl sozio-kulturell als auch rechtlich legitimierbar.

Berücksichtigen wir zusätzlich zu den die Zielobjekte und -artikulanten betreffenden Überlegungen die unterschiedlichen Planungsbereiche shift-, days-off- und tour-scheduling, so gelangen wir zu folgenden, in den Zielfunktionen der Modelle erfassbaren, rational begründbaren Zielinhalten (vgl. Abbildung 53).

Abb. 53: Ausprägungen der Zielobjekte, differenziert nach den Planungsbereichen shift-, days-off- und tour-scheduling

Ziel-objekt \ Planungs-bereich	shift-scheduling	days-off-scheduling	tour-scheduling
stundenbezogene Arbeitszeitdauer	AG: Minimierung AN: - individuell - -- ①		AG: Minimierung AN: - individuell - -- ⑤
stundenbezogene Arbeitszeitlage	AG: Indifferenz AN: - individuell - -- ②		AG: Indifferenz AN: - individuell - -- ⑥
Dauer zusammenhängender Freizeittage		AG: Indifferenz AN: - individuell - kollektiv ③	AG: Indifferenz AN: - individuell - kollektiv ⑦
Lage zusammenhängender Freizeittage		AG: Indifferenz AN: - individuell - kollektiv ④	AG: Indifferenz AN: - individuell - kollektiv ⑧

²⁸ Vgl. zu diesen Kap. 3.3.2.

Anmerkung:

- ① Vgl. Modell S0a, S1a, S2a (shift-scheduling, offene Arbeitszeitdauern). Maximiert wurden die Arbeitgeberpräferenzen bzgl. der stundenbezogenen Arbeitszeitdauer pro Tag (ΩA^k) und die Arbeitnehmerpräferenzen bzgl. ihrer stundenbezogenen Arbeitszeitlage (ΩL_1^s)²⁹.
- ② Vgl. Modell S0, S1, S2, SQ (shift-scheduling, gegebene Arbeitszeitdauern). Maximiert wurden die Arbeitnehmerpräferenzen bzgl. ihrer stundenbezogenen Arbeitszeit- (ΩL_1^s) bzw. Pausenlage (ΩP_1^s).
- ③/④ Vgl. Modell D2, D3, D5, D6. Maximiert wurden die kollektiven Arbeitnehmerpräferenzen bzgl. der Dauer und Lage zusammenhängender Freizeittage. Die Zielfunktionen unterscheiden sich jeweils in Abhängigkeit von den abgebildeten Arbeitszeitformen (D2, D5: $\Omega F^l, \Omega K^y$; D3, D6: ΩB^{tl}).
- ⑤ Vgl. Modell T2 (tour-scheduling, gegebene Struktur der Arbeitstage, offene Arbeitszeitdauer). Maximiert wurden die Arbeitgeberpräferenzen bzgl. der stundenbezogenen Arbeitszeitdauer pro Tag (ΩA^k) und die Arbeitnehmerpräferenzen bzgl. ihrer stundenbezogenen Arbeitszeitlage (ΩL_1^{st})³⁰.
- ⑥ Vgl. Modell T1 (tour-scheduling, gegebene Struktur der Arbeitstage, gegebene Arbeitszeitdauer). Maximiert wurden die Arbeitnehmerpräferenzen bzgl. ihrer stundenbezogenen Arbeitszeit-/Pausenlage ($\Omega L_1^{st}, \Omega P_1^{st}$).
- ⑦/⑧ Vgl. Modell T3, T4, T5, T5', TQ (tour-scheduling, offene Struktur der Arbeitstage). Maximiert wurden die kollektiven Arbeitnehmerpräferenzen für die Dauer und Lage zusammenhängender Freizeittage (T3: $\Omega F^l, \Omega K^y$; T4: ΩB^{tl}) sowie bei der Erfassung offener Arbeitszeitdauern die arbeitgeberseitigen Präferenzen bzgl. der stundenbezogenen Arbeitszeitdauer pro Tag (T5, TQ: $\Omega A^k, \Omega F^l, \Omega K^y$; T5': $\Omega B^{tl}, \Omega A^k$)³¹.

Die in Abbildung 53 vorgenommene Differenzierung der arbeitnehmerseitigen Zielausprägungen in der jeweils zweiten Zeile der Tabellenfelder beziehen sich auf die Planungssituation „explizite Woche(n)“, in der jeweils dritten Zeile auf die Planungssituation „standardisierte Woche(n)“. Zielausprägungen, die in den betrachteten Planungsbereichen nicht abgebildet werden können, sind grau schattiert. In den Anmerkungen verweisen wir auf die in den Modellen erfaßten Ausprägungen. Betrachten wir ergänzend die einzelnen Tabellenfelder hinsichtlich des Verhältnisses der Ziel-

²⁹ In den Modellen des shift-scheduling planen wir stets nur einen Arbeitstag. Wir unterstellen die Planung expliziter Woche(n) und erlauben die Betrachtung individueller Präferenzen.

³⁰ In den Modellen des tour-scheduling bei gegebener Struktur der Arbeitstage und gegebener Arbeitszeitdauer unterstellen wir stets die Planungssituation „explizite Wochen“.

³¹ Wir unterstellen die Planungssituation „standardisierte Wochen“ und ignorieren nicht begründbare (kollektive) Präferenzen bzgl. der täglichen Arbeitszeitlage.

ausprägungen untereinander, so können wir insgesamt drei Ursachen neutraler, konfliktärer oder komplementärer Zielverhältnisse lokalisieren:

- Ausgehend von den Zielartikulanten können bei der Betrachtung des Zielobjektes „stundenbezogene Arbeitszeitdauer“ die betrachteten Zielausprägungen des Arbeitgebers und der Arbeitnehmer je nach der von den Arbeitnehmern gewünschten Zieleigenschaft (Maximierung oder Minimierung der Arbeitszeitdauer) in einem konfliktären oder komplementären Verhältnis stehen. Bei allen anderen Zielobjekten erkennen wir aufgrund der wiederholt angenommenen Indifferenz des Arbeitgebers stets ein neutrales Verhältnis der Zielausprägungen der Artikulant. Der betrachtete Zielkonflikt kann beim shift- und beim tour-scheduling auftreten, wir sprechen vom Zielkonflikt des Typs 1.
- Ausgehend von den Zielobjekten können in allen belegten Tabellenfeldern Zielkonflikte auftreten, wenn sich die Zielartikulant, insbesondere die Arbeitskräfte, über die Struktur ihrer individuellen Präferenzen nicht hinreichend im klaren sind³². Diese Art des Zielverhältnisses kann grundsätzlich in allen Planungsbereichen auftreten, wir sprechen vom Zielkonflikt des Typs 2.
- Ebenfalls von den Zielobjekten ausgehend, können zwischen den Präferenzen, die die stundenbezogene Arbeitszeit pro Tag betreffen, und den Präferenzen, die die zusammenhängenden Freizeittage betreffen, Zielkonflikte auftreten. Diese Art des Zielverhältnisses kann nur beim tour-scheduling auftreten, wir sprechen vom Zielkonflikt des Typs 3.

5.1.3. Beurteilung der formulierten Zielfunktionen

Die formulierten Zielfunktionen können wir zu folgenden Gruppen inhaltlich ähnlicher Abbildungsstrukturen zusammenfassen und mit den drei abgeleiteten Typen von Zielkonflikten in Verbindung bringen:

1. Zielfunktionen, welche nur Arbeitnehmerpräferenzen bzgl. der Lage ihrer stundenbezogenen Arbeits- (und Pausenzeit) erfassen. Sie sind gekennzeichnet durch die Betrachtung eines Zielartikulant und eines Zielobjektes. Es können Zielkonflikte des Typs 2 auftreten. Wir erfassen solche Zielfunktionen in den Modellen S0, S1, S2, SQ und T1.
2. Zielfunktionen, welche Arbeitnehmerpräferenzen bzgl. der Dauer und Lage der Freizeittage erfassen. Sie sind gekennzeichnet durch die Betrachtung eines Zielartikulant und eines Zielobjektes, welches sich in zwei voneinander abhängige Elemente aufspalten läßt. Auftreten können Zielkonflikte des Typs 2. Wir erfassen solche Zielfunktionen in den Modellen D2, D3, D5, D6, T3, T4.
3. Zielfunktionen, welche Arbeitnehmer- und Arbeitgeberpräferenzen bzgl. der stundenbezogenen Arbeits- (und Pausenzeit) pro Tag erfassen. Sie sind gekennzeichnet

³² Wir erwähnten dies bereits in Kap. 5.1.1. bei den intervallskalierten Arbeitszeitwünschen.

net durch die Betrachtung zweier Zielartikulanten und eines Zielobjektes. Es können Zielkonflikte des Typs 1 und 2 auftreten. Wir erfassen solche Zielfunktionen in den Modellen S0a, S1a, S2a und T2.

4. Zielfunktionen, welche Arbeitnehmer- und Arbeitgeberpräferenzen bzgl. der Dauer und Lage der Freizeittage und der stundenbezogenen Arbeitszeit pro Tag erfassen. Sie sind gekennzeichnet durch die Betrachtung zweier Zielartikulanten und zweier Zielobjekte. Auftreten können Zielkonflikte des Typs 1, 2 und 3. Wir erfassen solche Zielfunktionen in den Modellen T5, T5', TQ.

Zu 1. (Zielfunktionen, welche Arbeitnehmerpräferenzen bzgl. der Lage ihrer stundenbezogenen Arbeits- (und Pausenzeit) pro Tag erfassen): In den Modellen des betrachteten Zielfunktionsstyps wird die Planungssituation „explizite Woche(n)“ unterstellt. Den Arbeitnehmern werden individuelle Präferenzwerte bzgl. der Lage ihrer stundenbezogenen, gegebenen Arbeitszeitdauer zugewiesen. Die zuzuordnenden (intervallskalierten) Werte sind in ihren Beträgen für alle Arbeitskräfte gleich³³. Unzulässige Einsatzbeginnzeitpunkte, gegebenenfalls auch unzulässige Pausenlagen, werden als nicht bewertbar ausgegrenzt. Die zeitpunktbezogenen³⁴ Präferenzen bzgl. der Pausenlage werden klar von den Lagepräferenzen der Arbeitszeit dominiert: Bei angenommenen Pausenpräferenzwerten von einheitlich „1“ und der Gewährung einer Pause beträgt der Abstand zwischen den Präferenzwerten der Beginnzeitpunkte mindestens zwei³⁵, bei der Gewährung von zwei Pausen beträgt er mindestens drei³⁶. Das aus der Maximierung der Summe der Präferenzwerte aller Arbeitnehmer resultierende Problem, daß einer Arbeitskraft stets hoch präferierte, einer anderen stets weniger präferierte Arbeitszeitlagen zugewiesen werden können, kann durch das Einführen einer Restriktion, die arbeitskraftspezifische Mindestpräferenzwerte vorsieht, verhindert werden. Die potentiellen Zielkonflikte, die sich daraus ergeben, daß sich die Arbeitskräfte über die Struktur ihrer individuellen Präferenzen nicht hinreichend im klaren sind, scheinen uns in diesem relativ einfach strukturierten Fall gut lösbar.

³³ Z.B. dürfen alle Arbeitskräfte drei oder fünf präferierte Einsatzbeginnzeitpunkte angeben und mit den Werten 1, 3, 5 oder 1, 2, 3, 4, 5 belegen. Eine Kumulation ist - aufgrund der entstehenden Dominanz - nicht erlaubt.

³⁴ Dadurch können wir die Aussage „die Pause soll in Abhängigkeit vom Einsatzbeginn früh oder spät eingeplant werden“ nicht erfassen. Vgl. bzgl. eines heuristischen Ansatzes zur Erfassung einer solchen Präferenzstruktur THOMPSON (1995), S. 598.

³⁵ Vgl. (S1.Z) in Kap. 4.2.2.2, die Präferenzwerte der Arbeitszeitlage betragen 5, 3, 1, die der Pausenlage 1; die Dominanz eines höher präferierten Beginnzeitpunktes über die Kombination eines weniger präferierten Beginnzeitpunktes mit dem Gewähren einer präferierten Pause ist gesichert. Identische Werte finden wir in (SQ.Z), Kap. 4.2.4. In (T1.Z) übernehmen wir nur die Präferenzwerte für die Beginnzeitpunkte (vgl. Kap. 4.4.2.1).

³⁶ Vgl. (S2.Z) in Kap. 4.2.2.3, die Präferenzwerte der Arbeitszeitlage betragen 7, 4, 1, die der beiden zwingend zu gewährenden Pausenlagen je 1. Vgl. bzgl. anderer Vorgehensweisen zur Abbildung von Mehrfachzielen z.B. MENSCH (1971); ISERMANN (1979) S. 3 - 8, (1989), S. 420 - 497.

Zu 2. (Zielfunktionen, welche Arbeitnehmerpräferenzen bzgl. der Dauer und Lage der Freizeittage erfassen): Die Komplexität dieser Zielfunktionen resultiert aus der Betrachtung eines Zielobjektes (zusammenhängende Freizeittage), welches sich in zwei voneinander abhängige Elemente (deren Dauer und Lage) aufspalten läßt. Wir erfassen die entsprechenden Präferenzen in den Modellen der Arbeitszeitformen mit möglichst vielen zusammenhängenden Freizeittagen (vgl. D2, D5, T3) jeweils separat für die Gewährung eines Freizeittages sowie für die zusammenhängende Lage derselben. In den Modellen mit einer Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage (vgl. D3, D6, T4) fassen wir die Elemente zu Freizeitblöcken zusammen und bilden Gruppen gleichwertiger Freizeiten, denen wir einander klar dominierende Präferenzwerte zuweisen³⁷. Bei der separaten Bewertung der beiden Elemente weisen wir der Entscheidungsvariable „Gewährung eines Freizeittages“ einheitlich den Wert 1 zu - dadurch minimieren wir die Zahl der (in der Zielfunktion unbewerteten) Arbeitstage - und definieren als weitere Zielfunktionsvariable die nach ihrer Lage bewerteten Kombinationen zweier direkt aufeinanderfolgender Freizeittage³⁸. Deren Präferenzwerte sind so gewählt, daß die Kombination der beiden Wochenendtage klar die Kombination eines Wochenendtages mit einem Werktag dominiert, welche wiederum klar der Kombination zweier Werktage vorgezogen wird³⁹. In den Modellen, in denen wir die zu bewertenden Elemente in Freizeitblöcken zusammenfassen, bilden wir Gruppen „gleichwertiger“⁴⁰ Freizeitblöcke, denen wir klar dominierende Werte zuweisen. Diese klare Dominanz drücken wir durch Präferenzwerte aus, die stets um den Wert 1 über dem Wert der Kombination der zuvor höchstbewerteten Gruppe liegen⁴¹. Dadurch schließen wir aus, daß die Kombination zweier weniger präferierter Freizeitblöcke einen grundsätzlich stärker präferierten Freizeitblock dominiert. Dies

³⁷ Vgl. die Zielfunktionswerte im Bsp. zu Modell D3 $\Omega^T = 1, 3, 7, 15, 31$ (Kap. 4.3.2.3), die Beispiele zu Modell D6 und T4 haben wir nicht abgedruckt.

³⁸ Wir erfassen die Lagepräferenzen bzgl. der Freizeittage mit in den Präferenzwerten für die Kombination von Freizeittagen. Alternativ wäre denkbar, die Lagepräferenzen mit in den Präferenzwerten für die Gewährung einzelner Freizeittage zu erfassen und die Kombination zweier direkt aufeinanderfolgender Freizeittage einheitlich z.B. mit dem Wert 1 zu belegen.

³⁹ Das Verhältnis der Präferenzwerte für die Kombinationen und für die Freizeittage kann unter der Maximierungsvorschrift beliebig gewählt werden, da das Gewähren aufeinanderfolgender Freizeittage stets eine Erhöhung des Zielfunktionswertes bedingt. Wir wählten in den Beispielen zu Modell D2 und D5 für $\Omega^K = 8, 4, 2$, für $\Omega^F = 1$ (Kap. 4.3.2.2; 4.3.3.2); im nicht abgedruckten Beispiel zu Modell T3 wählten wir für $\Omega^K = 24, 12, 6$, für $\Omega^F = 5$.

⁴⁰ Das Kriterium der „Gleichwertigkeit“ von Freizeitblöcken bei der Gruppenbildung ist, da kaum spezifizierbar, stets angreifbar. Vor dem Hintergrund der Bedeutung der Zielfunktion für die Auswahl des optimalen aus den zulässigen Einsatzplänen schlagen wir vor, die gewünschte Gute von Einsatzplänen anhand unterschiedlicher Gruppenbildungen zu prüfen.

⁴¹ Dies entspricht der bereits erläuterten Vorgehensweise bei der Erfassung von Präferenzwerten bzgl. der Arbeitszeit- und Pausenlage. Im hier diskutierten Fall erhalten die Freizeiten der am wenigsten präferierten Gruppe z.B. den Wert 1, die Freizeiten der folgenden Gruppe den Wert 3 ($1+1+1 = 3$), die der folgenden den Wert 7 ($3 + 3 + 1 = 7$) usw.

bedeutet aber auch, daß z.B. die Möglichkeit, die Kombination von zwei zweitägigen Freizeitblöcken stärker zu präferieren als die Kombination eines weniger präferierten ein- und eines stärker präferierten dreitägigen Freizeitblockes, nicht berücksichtigt werden kann. Wollten wir diese sowie alle weiteren Kombinationen der Freizeitblöcke bewerten, müßten wir sie explizit definieren und mit Hilfe einer das Repräsentations- und Eindeutigkeitstheorem erfüllenden Skala bewerten. Dies erscheint uns aufgrund der kombinatorischen Zusammenhänge als nicht erstrebenswert/realisierbar⁴². Die potentiellen Zielkonflikte, die sich bereits daraus ergeben, daß sich selbst die Arbeitskräfte nur schwer über die Struktur ihrer individuellen Präferenzen im klaren sein werden, erscheinen uns zusammen mit der dargestellten Erfassungsproblematik nur schwer lösbar.

Zu 3. (Zielfunktionen, welche Arbeitnehmer- und Arbeitgeberpräferenzen bzgl. der stundenbezogenen Arbeits- (und Pausenzeit) pro Tag erfassen): Zielfunktionen dieser Gruppe unterliegen zunächst den gleichen Problemen wie die der Gruppe 1: den Arbeitnehmern muß eine Werteskala vorgelegt werden, anhand derer sie ihre Präferenzen ordnen können (potentieller Zielkonflikt des Typs 2). Zusätzlich müssen die Präferenzen der beiden Zielartikulantens bzgl. des gleichen Zielobjektes (potentieller Zielkonflikt des Typs 1) zueinander ins Verhältnis gebracht werden. Wir orientieren uns dabei an dominanten ökonomischen Zielen und drücken diese Dominanz - wie bereits bei den anderen Zielfunktionsgruppen - durch Präferenzwerte aus, die stets um den Wert 1 über dem Wert der Kombination der zuvor höchstbewerteten Elemente liegen⁴³.

Zu 4. (Zielfunktionen, welche Arbeitnehmer- und Arbeitgeberpräferenzen bzgl. der Dauer und Lage der Freizeittage und der stundenbezogenen Arbeitszeit pro Tag erfassen): Sie vereinigen die bereits diskutierten Probleme und Lösungsansätze zu den Zielkonflikten des Typs 1 und 2 sowie die Probleme des Zielkonflikts des Typs 3. Dieser thematisiert das Verhältnis der Präferenzen, die die stundenbezogene Arbeitszeit betreffen, zu den Präferenzen der zusammenhängenden Freizeittage. Wir nehmen dazu an, daß es aufgrund der Existenz von Mindestarbeitszeitdauern pro Tag ökonomisch vorteilhafter ist, eine Arbeitskraft für eine längere Arbeitszeitdauer einzusetzen

⁴² Allein die Erfassung der Kombination von zwei (nicht direkt aufeinanderfolgenden) zweitägigen Freizeitblöcken führt bei Annahme eines einwöchigen Planungszeitraums ($T = 7$), mindestens zwei ($g = 2$) und höchstens sechs ($\bar{g} = 6$) zusammenhängenden Arbeitstagen, sowie der Berücksichtigung des temporalen Zyklus zu $T \cdot (\bar{g} - g + 1) = 7 \cdot 5 = 35$ Kombinationen. Diese Zahl ergibt sich - unter den gleichen Annahmen - auch für die Kombination eines eintägigen mit einem ein-, zwei- bzw. dreitägigen, eines zweitägigen mit einem ein- bzw. dreitägigen und einem dreitägigen mit einem ein-, zwei- bzw. dreitägigen Freizeitblock, in Summen sind $9 \cdot 35 = 315$ Kombinationen pro Arbeitskraft zu bilden und zu bewerten. Die Möglichkeit der Kombination von drei Freizeitblöcken ist dabei nicht beachtet.

⁴³ Vgl. die Beispiele zu Modell S0a in Kap. 4.2.3.1 ($\Omega^A = 31, 26, 21, 16, 11, 6, 1$; $\Omega^L = 1, 2, 3, 4, 5$); zu Modell S1a in Kap. 4.2.3.2 ($\Omega^A = 21, 16, 11, 6, 1$, $\Omega^L = 1, 3, 5$) und zu Modell T2 in Kap. 4.4.2.2 ($\Omega^A = 16, 11, 6, 1$, $\Omega^L = 1, 3, 5$)

als einer weiteren Arbeitskraft einen komplett neuen Arbeitstag zuzuweisen und wählen die Dominanz der Gewährung von Freizeittagen⁴⁴. Aufgrund der betrachteten Planungssituation „standardisierte Woche(n)“ verzichten wir auf nicht begründbare, kollektive Lagepräferenzen der täglichen Arbeitszeit.

5.2. Lösbarkeit der Modelle

Folgen wir den unterschiedlichen Systematisierungsversuchen des Operations Research, so können wir die in dieser Arbeit formulierten Modelle der Gruppe der binär-ganzzahligen Programmierung zuordnen. Diese bildet zusammen mit der rein-ganzzahligen, der gemischt-ganzzahligen und der gemischt-binären Programmierung die Gruppe der Ganzzahligen Linearen Programmierung, sofern sowohl die Zielfunktion als auch sämtliche Nebenbedingungen der Modelle linear sind⁴⁵. Zugleich gehören die formulierten Modelle aufgrund der endlichen Mengen ihrer möglichen (Lösungs-)Alternativen zur Gruppe der kombinatorischen Programmierung⁴⁶; sie unterliegen folglich sowohl den Vor- und Nachteilen der ganzzahligen als auch der kombinatorischen Programmierung. Der Vorteil der Wahl einer binär-ganzzahligen Formulierung liegt vor allem in den einfachen Umsetzungsmöglichkeiten logischer Zusammenhänge in Formalmodelle⁴⁷. Ihr Nachteil ist - außer in wenigen Spezialfällen - im kombinatorisch anwachsenden Lösungsaufwand der Modelle zu sehen: Trotz ihrer endlichen Anzahl zulässiger Lösungen sind für binär-ganzzahlige Probleme bei n Variablen 2^n Lösungen zu untersuchen⁴⁸. Damit gehören die formulierten Modelle zumindest des tour-scheduling - wie die meisten ganzzahligen und kombinatorischen Problemtypen - (vermutlich) zur Gruppe der NP-schweren Probleme⁴⁹; für „große“

⁴⁴ Vgl. das Bsp. zu Modell T5 in Kap. 4.4.3.3 ($\Omega^F = 5$, $\Omega^K = 6, 12, 24$, $\Omega^A = 4, 3, 2, 1$). Die Gewährung eines Freizeittages dominiert die Gewährung einer kurzen Arbeitszeitdauer ($5 > 4$).

⁴⁵ Vgl. allgemein z.B. HILLIER/LIEBERMAN (1988), S. 376f.; BRUCKER (1995), S. 12; DOMSCHKE/DREXL (1995), S. 6f.

⁴⁶ Vgl. zu dieser Definition z.B. LAWLER (1980), S. 162f.; DÜRR/KLEIBOHM (1992), S. 146, NEUMANN/MORLOCK (1993), S. 380 - 382. Alternativ wird auch von diskreter Optimierung gesprochen vgl. z.B. BOMZE/GROSSMANN (1993), S. 431.

⁴⁷ Vgl. dazu auch die Ausführungen zu den Formulierungsmöglichkeiten von Implikationen (bedingte Entscheidungen) und Dichotomien (Ausschließlichkeitsbedingungen) in Kap. 4.1.

⁴⁸ Die Zahl der Lösungen verdoppelt sich jedesmal, wenn n um eins erhöht wird. Vgl. dazu auch HILLIER/LIEBERMAN (1988), S. 384f.; NEMHAUSER/WOLSEY (1988), S. 120; PARKER/RARDIN (1988), S. 6.

⁴⁹ Je nach der Komplexität des Rechenaufwandes zur Lösung hinreichend großer Probleme (gemessen z.B. anhand der Variablenzahl) unterscheidet man Problemklassen mit polynomialem Rechenaufwand (P) und solche mit nondeterministic polynomialem Rechenaufwand (NP), die durch einen weitaus größeren Rechenaufwand gekennzeichnet sind. Dabei wird der Rechenaufwand anhand der Zahl benötigter Elementarschritte, wie z.B. einer Addition oder eines Vergleiches, gemessen. Für diese wird angenommen, daß sie einer Zeiteinheit entsprechen. Vgl. ausführlich z.B. REINGOLD/NIEVERGELT/DEO (1977), S. 401 - 406; BRUCKER (1981), S. 25 - 56; PAPADIMITRIOU/STEIGLITZ (1982), S. 164 - 166, 342 - 405; NEMHAUSER/

Probleme läßt sich - nach allgemeiner Meinung - eine optimale Lösung häufig nicht mit vertretbarem Aufwand bestimmen. Als optimierende Lösungsverfahren stehen Branch-and-Bound-Verfahren zur Verfügung⁵⁰. Deren Rechenzeitprobleme äußern sich häufig darin, daß das Auffinden einer optimalen oder zumindest „guten“ Lösung zwar relativ schnell möglich ist, der Nachweis ihrer Optimalität dagegen um einiges länger dauert⁵¹. Alternative Lösungsverfahren, wie z.B. das Schnittebenenverfahren nach Gomory, haben sich aus Gründen der Praktikabilität nicht durchgesetzt⁵² oder führen als Heuristiken⁵³ (mit i.d.R. polynomialem Rechenaufwand) - vgl. hierzu auch die neueren Verfahren des Tabu Search und genetischer Algorithmen⁵⁴ - im allgemeinen nur zu suboptimalen Lösungen. Näherungsverfahren, bei welchen zunächst eine Relaxation der Ganzzahligkeitsbedingung erfolgt und anschließend die gefundene Lösung gerundet wird, scheiden als grundsätzlich ungeeignet aus. Sie führen zum einen nicht notwendigerweise zu einer zulässigen, zum anderen nicht notwendigerweise zur optimalen (ganzzahligen) Lösung⁵⁵.

Ohne tiefer in die Problematik der Algorithmenwahl einsteigen zu wollen⁵⁶, wenden wir uns an dieser Stelle kurz den Fragen zu, wann ein Problem als „groß“ einzustufen ist, was als vertretbarer Aufwand gewertet wird und welches die Determinanten der Problemgröße sind. Beginnen wir bei letzteren, so können wir uns an der Zahl der (ganzzahligen) Variablen und der Restriktionen orientieren, für die anders als bei der nicht-ganzzahligen (linearen) Programmierung gilt, daß die Variablenzahl die weitaus bedeutsamere Größe der beiden ist⁵⁷. Als weitere Einflußgrößen gelten der Besetztheitsgrad von Matrizen, die numerischen Werte der Variablen (sie bestimmen die Anzahl der Rechenschritte) sowie der zur Verfügung stehende Speicherplatz der EDV⁵⁸;

WOLSEY (1988), S. 114 - 139; PARKER/RARDIN (1988), S. 13 - 32; BOMZE/GROSSMANN (1993), S. 573 - 599; DOMSCHKE/DREXL (1995), S. 116f.

- ⁵⁰ Vgl. bzgl. einer Darstellung des Branch-and-Bound-Verfahrens und seiner lösungstechnischen Probleme z.B. BURKARD (1989), S. 379, 382 - 398; STEPAN/FISCHER (1992), S. 154 - 156; ZIMMERMANN (1992), S. 208 - 211; BOMZE/GROSSMANN (1993), S. 437 - 448; NEUMANN/MORLOCK (1993), S. 393 - 402; DOMSCHKE/DREXL (1995), S. 120 - 126.
- ⁵¹ Vgl. KISTNER (1993), S. 171; NEUMANN/MORLOCK (1993), S. 400. Insbesondere bei der Verwendung des Standardsolvers LINDO konnten wir diesen Effekt mehrfach beobachten.
- ⁵² Vgl. STEPAN/FISCHER (1992), S. 154; bzgl. einer Darstellung des Verfahrens z.B. PAPADIMITRIOU/STEIGLITZ (1982) S. 326 - 341; BURKARD (1989), S. 403 - 408; ELLINGER (1990), S. 149 - 166; ZIMMERMANN (1992), S. 103 - 109; KISTNER (1993), S. 151 - 159.
- ⁵³ Vgl. allgemein zu Heuristiken z.B. PAPADIMITRIOU/STEIGLITZ (1982), S. 406 - 432; ZIMMERMANN (1992), S. 258 - 272, 280 - 290; NEUMANN/MORLOCK (1993), S. 402 - 406.
- ⁵⁴ Vgl. überblicksartig z.B. DOMSCHKE/DREXL (1995), S. 118 - 120.
- ⁵⁵ Vgl. z.B. HILLIER/LIEBERMAN (1988), S. 385f.; STEPAN/FISCHER (1992), S. 153; KISTNER (1993), S. 148; NEUMANN/MORLOCK (1993), S. 385.
- ⁵⁶ Wir weisen noch einmal darauf hin, daß die Thematisierung der Lösbarkeit nur am Rande dieser Arbeit interessiert, ihr Schwerpunkt auf der Modellformulierung liegt.
- ⁵⁷ Vgl. HILLIER/LIEBERMAN (1988), S. 386
- ⁵⁸ Vgl. NEMHAUSER/WOLSEY (1988), S. 117f., 121; ZIMMERMANN (1992), S. 271;

wobei zugleich betont wird, daß über den exakten Einfluß der Determinanten auf die Rechenzeiten und Problemgrößen keine allgemeinen Aussagen gemacht werden können⁵⁹. Genauso unscharf ist die Antwort auf die Frage nach dem vertretbaren Aufwand der Lösungsverfahren. Wird z.B. ein interaktives Planungsverfahren angestrebt, können bereits mehrere Minuten Rechenzeit als nicht mehr vertretbar gewertet werden. Geht es dagegen darum, (Basis-)Einsatzpläne mit längerfristiger Gültigkeit zu generieren⁶⁰ können Rechenzeiten von mehreren Stunden bis Tagen durchaus als noch vertretbar gelten. Vor dem Hintergrund dieser Ausführungen wollen wir im folgenden lediglich die Größe der in dieser Arbeit formulierten Modelle bzgl. ihrer Restriktionen- und Variablenzahl näher analysieren und mit unseren Erfahrungen über die Rechenzeit unserer Beispiele konfrontieren. Dazu zeigt Abbildung 54 die Zahl der Restriktionen und Variablen der Modelle des shift-scheduling, Abbildung 55 die Zahl der Restriktionen und Variablen der Modelle des days-off- und Abbildung 56 die des tour-scheduling.

Abbildung 54 weist in der ersten Spalte das betrachtete Modell aus, in den Spalten zwei und drei die Bestimmung der Restriktionen- und Variablenzahl. Für diese ist jeweils in der ersten Zeile die allgemeine Bestimmung der zu formulierenden Restriktionen- bzw. der zu bildenden Variablenzahl angegeben, in der jeweils zweiten Zeile wird die verursachende Restriktion bzw. die resultierende Variable ausgewiesen. Das Symbol „#“ steht für die Mächtigkeit einer Menge. Abbildung 55 und 56 weisen die gleiche Struktur auf; „SB“ steht für die Menge der aufgrund der einzuhaltenden Mindestruhezeit auszuschließenden Einsatzbeginnzeitpunkte).

BOMZE/GROSSMANN (1993), S. 552.

- ⁵⁹ Vgl. z.B. BURKARD (1989), S. 442f.: „Es ist nicht möglich, allgemeine Anhaltspunkte für Rechenzeiten und Problemgrößen, die noch gelöst werden können, zu geben, da selbst ähnliche Probleme ganz unterschiedliches Verhalten zeigen können. Es gibt ganzzahlige lineare Programme mit 100 diskreten Variablen, die sich einer Lösung widersetzen, andererseits können in günstigen Fällen auch Probleme mit 1000 ganzzahligen Variablen gelöst werden. Die Probleme können sich auch unterschiedlich gegenüber verschiedenen Lösungsverfahren, ja sogar Programmen, verhalten.“ Vgl. ähnlich HILLIER/LIEBERMAN (1988), S. 384.
- ⁶⁰ Auf der Basis solcher Einsatzpläne könnte der Einsatz unter den Arbeitskräften z.B. situativ getauscht werden. Basiseinsatzpläne könnten auch als relevante Einsatzpläne verstanden werden, wenn die Arbeitskräfte bei verstärkt selbstbestimmten Arbeitszeiten keine Einigung erreichen. Vgl. als Verfechter einer primär selbstbestimmten Einsatzplanung KUTSCHER/WEIDINGER/HOFF (1996), S. 142 - 147; HERRMANN (1997), S. 8 - 12.

Abb. 5-4: Zahl der Restriktionen und der Variablen, differenziert nach den Modellen des shift-scheduling

Modell	Zahl der Restriktionen	Zahl der Variablen
S0	$\#S + 2 \cdot \#I + \sum_{i=1}^I (s - \overline{AZ}_i + 1) + \sum_{i=1}^I (s - \overline{AZ}_i)$ (S0.1) (S0.2), (S0.4) (S0.3) (S0.5)	$\#S \cdot \#I + \sum_{i=1}^I (s - \overline{AZ}_i + 1)$ $PE_{iS} \quad u_{iS}$
S1	$\#S + 2 \cdot \#I + 2 \cdot \sum_{i=1}^I (s - \overline{A}_i + 1) + \sum_{i=1}^I (s - \overline{A}_i)$ (S1.1) (S1.2), (S1.4) (S1.3), (S1.6) (S1.5)	$\#S \cdot \#I + \sum_{i=1}^I (s - \overline{A}_i + 1)$ $PE_{iS} \quad u_{iS}$
S2	$\#S + 3 \cdot \#I + 2 \cdot \sum_{i=1}^I (s - \overline{A}_i + 1) + \sum_{i=1}^I (s - \overline{A}_i) + 2 \cdot \sum_{i=1}^I (s - \overline{A}_i + 1) \cdot \overline{AD}^{\max}$ (S2.1) (S2.2) (S2.4), (S2.8) (S2.3), (S2.6) (S2.5) (S2.7), (S2.9)	$\#S \cdot \#I + \sum_{i=1}^I (s - \overline{A}_i + 1) + \sum_{s=1}^{S - \overline{A}_i + 1} \#I \cdot \overline{AD}^{\max}$ $PE_{iS} \quad u_{iS} \quad \text{Piss'}$
S0a	$\#S + 3 \cdot \#I + \sum_{i=1}^I (s - \overline{AZ}_i^{\min} + 1) + \sum_{k=1}^K (s - \overline{AZ}_k) \cdot \#I_k$ (S0a.1) (S0a.2), (S0a.3), (S0a.5) (S0a.4) (S0a.6)	$\#S \cdot \#I + \sum_{i=1}^I (s - \overline{AZ}_i^{\min} + 1) + \sum_{k=1}^K \#I_k$ $PE_{iS} \quad u_{iS} \quad a_{iK}$
S1a	$\#S + 3 \cdot \#I + \sum_{i=1}^I (s - \overline{A}_i^{\min} + 1) + \sum_{k=1}^K (s - \overline{A}_k) \cdot \#I_k + \sum_{i=1}^I (K_i - 1)$ (S1a.1) (S1a.2), (S1a.3) (S1a.4) (S1a.7) (S1a.8) (S1a.6)	$\#S \cdot \#I + \sum_{i=1}^I (s - \overline{A}_i^{\min} + 1) + \sum_{k=1}^K \#I_k$ $PE_{iS} \quad u_{iS} \quad a_{iK}$
S2a	$\text{GEMÄß S1a} + \#I + \sum_{i=1}^I (s - \overline{A}_i^{\min} + 1) \cdot \overline{AD}^{\max} + \sum_{k=1}^K (s - \overline{A}_k + 1) \cdot \#I_k \cdot \overline{AD}^{\max}$ (S2a.10) (S2a.11) (S2a.9)	$\text{GEMÄß S1a} + \sum_{s=1}^{S - \overline{A}_i + 1} \#I \cdot \overline{AD}^{\max}$ $PE_{iS} \quad u_{iS} \quad a_{iK} \quad \text{Piss'}$
SQ	$\#S \cdot \#Q + 2 \cdot \#I + 2 \cdot \sum_{i=1}^I (s - \overline{A}_i + 1) + \sum_{i=1}^I (s - \overline{A}_i) + \sum_{i \in I'} \#Q_i \cdot \#S$ (SQ.1) (SQ.3), (SQ.5) (SQ.4), (SQ.7) (SQ.6) (SQ.2)	$\sum_{i=1}^I \#Q_i \cdot \#S + \sum_{i=1}^I (s - \overline{A}_i + 1)$ $PE_{iQS} \quad u_{iS}$

In Abbildung 54 fällt für die Modelle des shift-scheduling die Bedeutung der Zahl zu planender Zeitabschnitte ($\#S$) für die Zahl der zu bildenden Personaleinsatzvariablen ins Auge (multiplikative Verknüpfung mit der Zahl zu planender Arbeitskräfte). Entscheidend für die Zahl der möglichen Einsatzbeginnzeitpunkte (u_s) sowie für die Restriktionenzahl (vgl. zumeist den dritten und vierten Summand der allgemeinen Darstellung) ist das Verhältnis zwischen der Länge der Betriebszeit (S) und der betrachteten Arbeitszeitdauer (symbolisiert durch \overline{AZ}_i , \overline{A}_i , \overline{AZ}_k , \overline{A}_k , \overline{AZ}_i^{\min} und \overline{A}_i^{\min}). Gerade hochflexible kurze Arbeitszeitdauern, welche erst in der Modellösung den Arbeitskräften zugewiesen werden können, erhöhen in Kombination mit einer relativ langen Betriebszeitdauer die Variablen- und Restriktionenzahl sehr schnell. Gleichfalls führt die explizite Berücksichtigung der zweiten Pause zu einer enormen Erhöhung vor allem der Restriktionen-, aber auch der Variablenzahl (vgl. die zumeist hohen Werte von \overline{AD}^{\max} und deren multiplikative Verknüpfung mit der Zahl der Beginnzeitpunkte in den Modellen S2 und S2a). Dennoch waren die Modelle S0, S1, S2, S0a, S1a und SQ für einen 10- bis 15stündigen Planungszeitraum bei der Planung von vier bis sieben Arbeitskräften mit je 152 (104, 279, 197, 123, 216) Variablen und 132 (94, 411, 387, 215, 193) Restriktionen⁶¹ mit dem Standard-Solver AIMMS auf einem Pentium 100 mit 32 MB RAM zumeist zwischen wenigen Sekunden und maximal 24 Stunden gelöst. Allerdings konnte allein die Veränderung weniger Zielfunktionskoeffizienten die Rechenzeit des sonst identischen Modells S0a von einer auf 84 Stunden (= 3½ Tage) erhöhen.

In Abbildung 55 fällt insb. der Unterschied zwischen den beiden Modelltypen „Vorgabe einzelner Freizeittage“ (D2, D5) und „Vorgabe von Freizeitblöcken“ (D3, D6) auf: Die Betrachtung kompletter Freizeitblöcke führt zu einer größeren Variablen- und Restriktionenzahl als die Betrachtung einzelner Freizeittage⁶². In der Planungssituation „standardisierte Woche“ kommt der Zahl der Arbeitskräfte (und der zu berücksichtigenden Freizeitblöcke) ein größeres Gewicht zu als der Zahl zu planender Perioden (es wird nur eine Woche betrachtet). Bei der Betrachtung „expliziter Wochen“ erhöht sich ein Großteil der Variablen- und Restriktionenzahl je geplanter Woche multiplikativ um den Faktor $T = 7$. Auch die Modelle des days-off-scheduling waren für den gut begründbaren einwöchigen Planungszeitraum bei der Planung von bis zu acht Arbeitskräften mit AIMMS auf dem verfügbaren Rechner stets binnen Tagesfrist, meist wesentlich schneller gelöst⁶³.

⁶¹ Die in den Klammern angegebenen Zahlen beziehen sich auf die Beispiele der ausformulierten Modelle in der zuvor angegebenen Reihenfolge.

⁶² Wir konnten dennoch nicht beobachten, daß die Modelle mit einzelnen Freizeittagen regelmäßig schneller zu einer Lösung gelangten.

⁶³ Die Variablen- und Restriktionenzahlen der abgebildeten Beispiele betragen für D2 bei $I = 5$: 71 und 124; für D3 bei $I = 4$: 85 und 177; für D5 bei $I = 8$: 176 und 250 (21 Stunden Rechenzeit); für das nicht abgedruckte Bsp. zu D6 ($I = 8$) 232 und 410 (14 Minuten Rechenzeit).

Abb. 55: Zahl der Restriktionen und der Variablen, differenziert nach den Modellen des days-off-scheduling

	Zahl der Restriktionen	Zahl der Variablen
D1	$\#T + 1$ (D1.1) (D1.2)	1 PA
D2	$\#T + 1 + \#T \cdot \#I + \#I \cdot \#Y + 2 \cdot \#I$ (D2.1) (D2.2) (D2.3) (D2.4) (D2.5),(D2.6)	$\#T \cdot \#I + \#I \cdot \#Y$ FT _{it} C _{iy}
D3	$\#T + 1 + 2 \cdot \#T \cdot \#Z + \#I$ (D3.1) (D3.2) (D3.3),(D3.4)	$\#T \cdot \#Z + \#I$ FT _{izt}
D4	$\#T \cdot (2^Q - 1) + 2 \cdot \#R$ (D4.1) (D4.2),(D4.3)	$\#T \cdot \#Z \cdot \#R + \#R$ FT _{rzt} PA _r
D5	$\#T \cdot \#Q + \#R + \#T \cdot \#I + \#I \cdot \#Y + \#I$ (D5.1) (D5.3) (D5.2) (D5.5) (D5.6) $+ 2 \cdot \sum_{r=1}^R \#I_r$ (D5.4),(D5.7)	$\#T \cdot \#I + \#I \cdot \#Y$ FT _{it} C _{iy}
D6	$\#T \cdot \#Q + \#R + 2 \cdot \sum_{r=1}^R \#I_r \cdot \#Z \cdot \#T + \sum_{r=1}^R \#I_r \cdot \#T$ (D6.1) (D6.3) (D6.4),(D6.5) (D6.2)	$\#T \cdot \#Z \cdot \#I + \sum_{i=1}^I \#Q_i \cdot \#T$ FT _{izt} + PE _{igt}

In allen Zeilen der Abbildung 56 können wir die multiplikative Verknüpfung der beiden temporalen Größen „Halbstundenabschnitte eines Tages“ (S) und „Tage“ (T) als das lösungstechnische Hauptproblem des tour-scheduling erkennen. Bereits die Planung einer Sieben-Tage-Woche (T = 7) und einer täglichen Betriebszeitdauer von zehn Stunden (S = 20) führt bei Modellen mit einer offenen Struktur der Arbeits- und Freizeittage zu 140 temporal differenzierten Personaleinsatzvariablen pro Arbeitskraft und Woche. Bei der Planung von nur vier Arbeitskräften sind dies bereits 560 Personaleinsatzvariablen, zu denen mindestens die Variablen zum Erkennen der Beginnzeitpunkte und zum Gewähren der Freizeitblöcke hinzukommen. Diese große Variablen- und Restriktionenzahl zwang uns, zusammen mit der resultierenden Informationsfülle der Wocheneinsatzpläne, in den abgedruckten Beispielen zur Betrachtung einer geringeren Anzahl Wochentage⁶⁴. Bei der Abbildung der offenen Struktur der Arbeits- und Freizeittage und der Planung eines kompletten Wochenzeitraums konnte der Solver AIMMS auf dem verfügbaren Rechner das optimale Ergebnis binnen Wochenfrist nicht erkennen.

⁶⁴ Die Variablen- und Restriktionenzahlen der abgebildeten Beispiele betragen für T1 bei drei Arbeitskräften 235 und 259 (9 Sekunden Rechenzeit); für T2 bei drei Arbeitskräften 280 und 646 (15 Minuten Rechenzeit) und für T5 (vier Arbeitskräfte) 925 und 1102 (keine als optimal bestätigte Lösung)

Abb. 56: Zahl der Restriktionen und der Variablen, differenziert nach den Modellen des tour-scheduling

	Zahl der Restriktionen	Zahl der Variablen
T1	$\#S \cdot \#I + 2 \cdot \sum_{i=1}^I \#I_i + 2 \cdot \sum_{i=1}^I (s - \bar{A}_i + 1) \cdot \#I_i + \sum_{i=1}^I (s - \bar{A}_i) \cdot \#I_i + \sum_{i=1}^I \#SB \cdot \#I_i$ <p>(T1.1) (T1.2), (T1.4) (T1.3), (T1.7) (T1.6) (T1.5)</p>	$\sum_{i=1}^I \#S \cdot \#I_i + \sum_{i=1}^I (s - \bar{A}_i + 1) \cdot \#I_i$ <p>PE_{ist} u_{ist}</p>
T2	$\#S \cdot \#I + 3 \cdot \sum_{i=1}^I \#I_i + \sum_{i=1}^I (s - \bar{A}_i^{\min} + 1) \cdot \#I_i + \sum_{i=1}^I (K_i - 1) \cdot \#I_i + \sum_{i=1}^I \#SB \cdot \#I_i +$ $\sum_{k=1}^K (s - \bar{A}_k) \cdot \sum_{i \in I_k} \#I_i + \sum_{k=1}^K (s - \bar{A}_k + 1) \cdot \sum_{i \in I_k} \#I_i$ <p>(T2.1) (T2.2), (T2.3), (T2.5) (T2.4) (T2.6) (T2.7)</p> <p>(T2.8) (T2.9)</p>	$\#I \cdot \#S \cdot \#I + \sum_{i=1}^I (s - \bar{A}_i + 1) \cdot \#I_i + \sum_{i=1}^I \#K_i \cdot \#I_i$ <p>PE_{ist} u_{ist} a_{ikt}</p>
T3	$\#S \cdot \#I + 3 \cdot \#I \cdot \#I + 2 \cdot \sum_{i=1}^I (s - \bar{A}_i + 1) \cdot \#I_i + \sum_{i=1}^I (s - \bar{A}_i) \cdot \#I_i + 1 + \#I \cdot \#Y + 2 \cdot \#I$ <p>(T3.1) (T3.2), (T3.4), (T3.8) (T3.3), (T3.6) (T3.5) (T3.7) (T3.9) (T3.10), (T3.11)</p>	$\#I \cdot \#S \cdot \#I + \sum_{i=1}^I (s - \bar{A}_i + 1) \cdot \#I_i + \#I \cdot \#I + \#I \cdot \#Y$ <p>PE_{ist} u_{ist} FT_{it} C_{iy}</p>
T4	$\#S \cdot \#I + 2 \cdot \#I \cdot \#I + 2 \cdot \sum_{i=1}^I (s - \bar{A}_i + 1) \cdot \#I_i + \sum_{i=1}^I (s - \bar{A}_i) \cdot \#I_i + 1 + 2 \cdot \#I \cdot \#Z \cdot \#I$ <p>(T4.1) (T4.2), (T4.4), (T4.8) (T4.3), (T4.6) (T4.5) (T4.7) (T4.8), (T4.9)</p>	$\#I \cdot \#S \cdot \#I + \sum_{i=1}^I (s - \bar{A}_i + 1) \cdot \#I_i + \#I \cdot \#Z \cdot \#I$ <p>PE_{ist} u_{ist} FT_{izt}</p>
T5	$\#S \cdot \#I + 4 \cdot \#I \cdot \#I + (s - \bar{A}^{\min} + 1) \cdot \#I \cdot \#I + \sum_{i=1}^I (K_i - 1) \cdot \#I + \sum_{k=1}^K (s - \bar{A}_k) \cdot \#I \cdot \#I +$ $\sum_{k=1}^K (s - \bar{A}_k + 1) \cdot \#I \cdot \#I + 1 + \#I \cdot \#Y + 2 \cdot \#I$ <p>(T5.1) (T5.2), (T5.3), (T5.5), (T5.10) (T5.4) (T5.6) (T5.7)</p>	$\#I \cdot \#S \cdot \#I + \sum_{k=1}^K (s - \bar{A}_k + 1) \cdot \#I \cdot \#I + \#I \cdot \#K \cdot \#I + \#I \cdot \#I + \#I \cdot \#Y$ <p>PE_{ist} u_{ist} a_{ikt} FT_{it} C_{iy}</p>
TQ	$\#S \cdot \#Q \cdot \#I + \sum_{i \in I^{\#}} \#Q_i \cdot \#S \cdot \#I + 4 \cdot \#I \cdot \#I + \#I \cdot \#I \cdot (s - \bar{A}^{\min} + 1) + \#(K - 1) \cdot \#I \cdot \#I +$ $\sum_{k=1}^K (s - \bar{A}_k) \cdot \#I \cdot \#I + \sum_{k=1}^K (s - \bar{A}_k + 1) \cdot \#I \cdot \#I + 1 + \#I \cdot \#Y + 2 \cdot \#I$ <p>(TQ.1) (TQ.2) (TQ.3), (TQ.4), (TQ.6), (TQ.11) (TQ.5) (TQ.7)</p> <p>(TQ.8) (TQ.9) (TQ.10) (TQ.12) (TQ.13), (TQ.14)</p>	$\sum_{i=1}^I \#Q_i \cdot \#S \cdot \#I + \sum_{k=1}^K (s - \bar{A}_k + 1) \cdot \#I \cdot \#I + \#I \cdot \#K \cdot \#I + \#I \cdot \#I + \#I \cdot \#Y$ <p>PE_{iqst} u_{ist} a_{ikt} FT_{it} C_{iy}</p>

5.3. Flexibilitätsgewinn des Vorgehens

Der Flexibilitätsgewinn der gewählten Vorgehensweise bezieht sich auf die Ausschöpfung der temporalen Mehrdeutigkeiten innerhalb der ökonomischen und rechtlich zulässigen Rahmenbedingungen flexibler Arbeitszeiten. Wir erfassen ihn anhand der Zahl der in den Modellen der impliziten Modellierung abbildbaren Arbeitszeitmuster. Diese Zahl müßte bei der Abbildungsmethode der Vorgabe kompletter Arbeitszeitmuster explizit eingegeben werden. Zu den Modellen S1, S2 und S1a hatten wir die Zahl erfaßter Arbeitszeitmuster in den Praxisbeispielen bestimmt⁶⁵. Bei den Modellen D2 und D3 verwiesen wir andeutungsweise auf die (große) Zahl der implizit erfaßten Arbeitszeitmuster. Bei den Modellen, die sich durch die Integration (qualitativer) Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten auszeichnen (Modell SQ, D5, D6 und TQ), verzichteten wir auf die Bestimmung der Zahl erfaßter Arbeitszeitmuster, da sich diese in ihren temporalen Mehrdeutigkeiten nicht von den Modellen bei (qualitativer) Bereitstellungs- und Verwendungseindeutigkeit unterscheiden. Die Zahl der in den Modellen des tour-scheduling implizit erfaßten (wöchentlichen) Arbeitszeitmuster entspricht bei einer gegebenen Struktur der Arbeitstage (Modell T1, T2) denen der entsprechenden Modelle des shift-scheduling multipliziert mit der Zahl geplanter Arbeitstage. Bei einer offenen Struktur der Arbeitstage (Modell T3, T4 und T5) ergibt sich die Zahl der implizit erfaßten (wöchentlichen) Arbeitszeitmuster aus der multiplikativen Verknüpfung der in den das betrachtete Modell determinierenden Modellen erfaßten stunden- und tagesbezogenen Arbeitszeitmuster. Für die Modelle der stundenbezogenen Arbeitszeit pro Tag, welche sich weder durch das Erfordernis einer Pause noch durch die Möglichkeit eines Tätigkeitswechsels innerhalb des Arbeitszeitmusters auszeichnen (Modell S0, S0a), haben wir keine Bestimmung der implizit erfaßten Arbeitszeitmuster vorgenommen. Diese Modelle hatten primär didaktischen Wert. Die dort abgebildeten Arbeitszeiten können durch die Vorgabe kompletter Arbeitszeitmuster effektiver erfaßt werden. Dies wiederum zeigt, daß sich die implizite Modellierung flexibler Arbeitszeiten stets nur dann lohnt, wenn innerhalb eines Arbeitszeitmusters Veränderungen, z.B. in Form unterschiedlich positionierbarer Pausen auftreten. Sind zusätzlich Tätigkeits-, Orts- oder Abteilungswechsel innerhalb der Arbeitszeitmuster möglich, ist dies leichter in die Modelle der impliziten Modellierung (vgl. die Modelle SQ, D5, D6 und TQ) als bei der Vorgabe kompletter Arbeitszeitmuster integrierbar. Die Überlegenheit der impliziten Modellierung gegenüber der Vorgabe kompletter Arbeitszeitmuster steigt folglich mit der Zahl der möglichen Änderungen (Entscheidungen) innerhalb eines Arbeitszeitmusters.

⁶⁵ Vgl. zu S1 Kap. 4.2.2.2 (wir erfaßten 186 Arbeitszeitmuster 8½, 7½ und 7-stündiger Dauer innerhalb einer 10stündigen Betriebszeit); zu S2 Kap. 4.2.2.3 (795 Arbeitszeitmuster 9½ und 10-stündiger Dauer innerhalb einer 12stündigen Betriebszeit); zu S1a Kap. 4.2.3.2 (260 Arbeitszeitmuster 8½, 8, 7½, 7 und 6½-stündiger Dauer innerhalb einer 10stündigen Betriebszeit)

Dennoch dient Flexibilität keinem Selbstzweck; ihr Nutzen ist stets mit dem zu erbringenden Aufwand abzuwägen. Letzterer ergibt sich u.a. aus der Analyse des Flexibilitätsbedarfs, welcher in der Dienstleistungsproduktion aufgrund der primär zeitnahen Tätigkeiten grundsätzlich höher einzuschätzen ist als in der gewerblichen Produktion, aus der Analyse des Flexibilitätsangebotes incl. der Analyse der rechtlichen Regelungen zur Arbeitszeit sowie aus den Entwicklungs-, Umsetzungs- und Folgekosten flexibler Arbeitszeiten; wir denken hierbei z.B. an den Implementierungs- und Rechenaufwand der entwickelten Modelle. Der Nutzen der Flexibilität drückt sich (quantifizierbar) in geringeren Personalkosten und (nicht quantifizierbar) in zufriedeneren Arbeitskräften aus, sofern ihre Arbeitszeitwünsche hinreichend umgesetzt werden können. Als Anwendungsbereich der formulierten Modelle können Kleinbetriebe oder kleinere Abteilungen angesehen werden, für die zumindest für die Planung der Arbeits-/Freizeittage rechtlich zulässige Basiseinsatzpläne generiert werden können. Längere Rechenzeiten wären dann durchaus vertretbar, situative Bedarfsänderungen könnten durch Absprachen zwischen den Arbeitskräften ausgeglichen werden. Gleichfalls ist eine Kombination der verfolgten Vorgehensweise mit der Abbildungsmethode der Vorgabe kompletter Arbeitszeitmuster denkbar. So können in Produktionsbereichen mit z.B. kurzfristigeren Schwankungen die regelmäßigen Bedarfe mittels der Vorgabe kompletter Arbeitszeitmuster geplant, Bedarfsspitzen durch Arbeitskräfte mit z.B. „Kapovaz“-Verträgen anhand durch die Methode der impliziten Modellierung generierter Arbeitszeitmuster gedeckt werden. Eine weitere Anwendungsmöglichkeit ergäbe sich durch die Entscheidung über Modellrelaxationen. So könnten z.B. für Arbeitszeitdauern, die eine Pause vorsehen, diese zwar geplant aber nicht restringiert werden (in der Hoffnung, daß die resultierenden Einsatzpläne nicht gegen gesetzliche Regelungen verstoßen). Im Bereich des tour-scheduling kann das sukzessive Vorgehen gewählt werden; die Planung einer Sechs-Tage-Woche kann eventuell durch das Aneinanderreihen einer „standardisierten Drei-Tage-Woche“ erfolgen. Nicht zuletzt zeigt die vorliegende Arbeit die Größe und die Komplexität des Flexibilitätspotentials bei der Gestaltung flexibler Arbeitszeiten. Die vielfach geäußerte Klage über die arbeitsrechtlich verursachte Starrheit der Arbeitszeitgestaltung resultiert sicher auch aus dieser nicht beherrschten Komplexität ihrer Gestaltungsmöglichkeiten.

Anhang

Verzeichnis der Anhänge

Anhang 1:	Ausformuliertes Modell S1 (Arbeitszeitformen mit gegebener Arbeitszeitdauer und variabler Lage mit einer Pause).....	220
Anhang 2:	Ausformuliertes Modell S1a (Arbeitszeitformen mit offener Arbeitszeitdauer und variabler Lage mit einer Pause).....	222
Anhang 3:	Ausformuliertes Modell SQ (Arbeitszeitformen mit gegebener Arbeitszeitdauer und variabler Lage bei Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten)	226
Anhang 4:	Ausformuliertes Modell D2 (Arbeitszeitformen mit möglichst vielen zusammenhängenden Freizeittagen und einer Höchstzahl zusammenhängender Arbeitstage)	230
Anhang 5:	Ausformuliertes Modell D3 (Arbeitszeitformen mit einer Mindest- und einer Höchstzahl zusammenhängender Arbeitstage)	232

Anhang I: Ausformuliertes Modell SI (Arbeitszeitformen mit gegebener Arbeitszeitdauer und variabler Lage mit einer Pause)

$$S = 20; \overline{PA} = 4; \overline{AZ}_1 = 16, \overline{AZ}_2 = \overline{AZ}_3 = 14, \overline{AZ}_4 = 13.$$

Variablen: peis -> {0.. 1} "Arbeitskraft i wird in Periode s eingesetzt",
uis -> {0.. 1} "Arbeitskraft i beginnt ihren Einsatz in Periode s",

$$\begin{aligned} \text{maximize: } & 5 \cdot u_{11} + 3 \cdot u_{12} + 1 \cdot u_{13} - pe_{111} - pe_{112} - pe_{113} - pe_{114} - pe_{115} + \\ & 5 \cdot u_{22} + 3 \cdot u_{23} + 1 \cdot u_{24} - pe_{27} - pe_{28} - pe_{29} - pe_{210} - pe_{211} + \\ & 1 \cdot u_{34} + 3 \cdot u_{35} + 5 \cdot u_{36} - pe_{314} - pe_{315} - pe_{316} - pe_{317} - pe_{318} + \\ & 1 \cdot u_{45} + 3 \cdot u_{46} + 5 \cdot u_{47} - pe_{48} - pe_{49} - pe_{410} - pe_{411} - pe_{412} \end{aligned}$$

"Deckung des Personalbedarfs (S1.1)"

$$\begin{aligned} .. pe_{11} + pe_{21} + pe_{31} + pe_{41} & \geq 2, & .. pe_{111} + pe_{211} + pe_{311} + pe_{411} & \geq 3, \\ .. pe_{12} + pe_{22} + pe_{32} + pe_{42} & \geq 2, & .. pe_{112} + pe_{212} + pe_{312} + pe_{412} & \geq 3, \\ .. pe_{13} + pe_{23} + pe_{33} + pe_{43} & \geq 2, & .. pe_{113} + pe_{213} + pe_{313} + pe_{413} & \geq 3, \\ .. pe_{14} + pe_{24} + pe_{34} + pe_{44} & \geq 3, & .. pe_{114} + pe_{214} + pe_{314} + pe_{414} & \geq 3, \\ .. pe_{15} + pe_{25} + pe_{35} + pe_{45} & \geq 3, & .. pe_{115} + pe_{215} + pe_{315} + pe_{415} & \geq 2, \\ .. pe_{16} + pe_{26} + pe_{36} + pe_{46} & \geq 4, & .. pe_{116} + pe_{216} + pe_{316} + pe_{416} & \geq 2, \\ .. pe_{17} + pe_{27} + pe_{37} + pe_{47} & \geq 3, & .. pe_{117} + pe_{217} + pe_{317} + pe_{417} & \geq 2, \\ .. pe_{18} + pe_{28} + pe_{38} + pe_{48} & \geq 4, & .. pe_{118} + pe_{218} + pe_{318} + pe_{418} & \geq 2, \\ .. pe_{19} + pe_{29} + pe_{39} + pe_{49} & \geq 3, & .. pe_{119} + pe_{219} + pe_{319} + pe_{419} & \geq 1, \\ .. pe_{110} + pe_{210} + pe_{310} + pe_{410} & \geq 3, & .. pe_{120} + pe_{220} + pe_{320} + pe_{420} & \geq 1, \end{aligned}$$

"Sicherstellen der gegebenen Arbeitszeitdauer (S1.2)"

$$\begin{aligned} .. pe_{11} + pe_{12} + pe_{13} + pe_{14} + pe_{15} + pe_{16} + pe_{17} + pe_{18} + pe_{19} + pe_{110} + \\ pe_{111} + pe_{112} + pe_{113} + pe_{114} + pe_{115} + pe_{116} + pe_{117} + pe_{118} + pe_{119} + pe_{120} & = 16, \\ .. pe_{21} + pe_{22} + pe_{23} + pe_{24} + pe_{25} + pe_{26} + pe_{27} + pe_{28} + pe_{29} + pe_{210} + \\ pe_{211} + pe_{212} + pe_{213} + pe_{214} + pe_{215} + pe_{216} + pe_{217} + pe_{218} + pe_{219} + pe_{220} & = 14, \\ .. pe_{31} + pe_{32} + pe_{33} + pe_{34} + pe_{35} + pe_{36} + pe_{37} + pe_{38} + pe_{39} + pe_{310} + \\ pe_{311} + pe_{312} + pe_{313} + pe_{314} + pe_{315} + pe_{316} + pe_{317} + pe_{318} + pe_{319} + pe_{320} & = 14, \\ .. pe_{41} + pe_{42} + pe_{43} + pe_{44} + pe_{45} + pe_{46} + pe_{47} + pe_{48} + pe_{49} + pe_{410} + \\ pe_{411} + pe_{412} + pe_{413} + pe_{414} + pe_{415} + pe_{416} + pe_{417} + pe_{418} + pe_{419} + pe_{420} & = 13, \end{aligned}$$

"Erkennen der Beginnzeitpunkte (S1.3)"

$$\begin{aligned} .. pe_{11} - u_{11} & \leq 0, \\ .. pe_{12} - pe_{11} - u_{12} & \leq 0, \\ .. pe_{13} - pe_{11} - pe_{12} - u_{13} & \leq 0, \\ .. pe_{14} - pe_{11} - pe_{12} - pe_{13} - u_{14} & \leq 0, \\ .. pe_{21} - u_{21} & \leq 0, \\ .. pe_{22} - pe_{21} - u_{22} & \leq 0, \\ .. pe_{23} - pe_{21} - pe_{22} - u_{23} & \leq 0, \\ .. pe_{24} - pe_{21} - pe_{22} - pe_{23} - u_{24} & \leq 0, \\ .. pe_{25} - pe_{21} - pe_{22} - pe_{23} - pe_{24} - u_{25} & \leq 0, \\ .. pe_{26} - pe_{21} - pe_{22} - pe_{23} - pe_{24} - pe_{25} - u_{26} & \leq 0, \\ .. pe_{31} - u_{31} & \leq 0, \\ .. pe_{32} - pe_{31} - u_{32} & \leq 0, \\ .. pe_{33} - pe_{31} - pe_{32} - u_{33} & \leq 0, \\ .. pe_{34} - pe_{31} - pe_{32} - pe_{33} - u_{34} & \leq 0, \\ .. pe_{35} - pe_{31} - pe_{32} - pe_{33} - pe_{34} - u_{35} & \leq 0, \\ .. pe_{36} - pe_{31} - pe_{32} - pe_{33} - pe_{34} - pe_{35} - u_{36} & \leq 0, \\ .. pe_{41} - u_{41} & \leq 0, \\ .. pe_{42} - pe_{41} - u_{42} & \leq 0, \\ .. pe_{43} - pe_{41} - pe_{42} - u_{43} & \leq 0, \\ .. pe_{44} - pe_{41} - pe_{42} - pe_{43} - u_{44} & \leq 0, \\ .. pe_{45} - pe_{41} - pe_{42} - pe_{43} - pe_{44} - u_{45} & \leq 0, \\ .. pe_{46} - pe_{41} - pe_{42} - pe_{43} - pe_{44} - pe_{45} - u_{46} & \leq 0, \\ .. pe_{47} - pe_{41} - pe_{42} - pe_{43} - pe_{44} - pe_{45} - pe_{46} - u_{47} & \leq 0, \end{aligned}$$

"Erzwingen eines Beginnzeitpunktes (S1.4)"

$$\begin{aligned} \dots u_{11} + u_{12} + u_{13} + u_{14} &= 1, \\ \dots u_{21} + u_{22} + u_{23} + u_{24} + u_{25} + u_{26} &= 1, \\ \dots u_{31} + u_{32} + u_{33} + u_{34} + u_{35} + u_{36} &= 1, \\ \dots u_{41} + u_{42} + u_{43} + u_{44} + u_{45} + u_{46} + u_{47} &= 1, \end{aligned}$$

"Kein Einsatz nach dem Ende der Anwesenheitsdauer (S1.5)"

$$\begin{aligned} \dots 3 \cdot u_{11} + pe_{118} + pe_{119} + pe_{120} &\leq 3, \\ \dots 2 \cdot u_{12} + pe_{119} + pe_{120} &\leq 2, \\ \dots 1 \cdot u_{13} + pe_{120} &\leq 1, \\ \\ \dots 5 \cdot u_{21} + pe_{216} + pe_{217} + pe_{218} + pe_{219} + pe_{220} &\leq 5, \\ \dots 4 \cdot u_{22} + pe_{217} + pe_{218} + pe_{219} + pe_{220} &\leq 4, \\ \dots 3 \cdot u_{23} + pe_{218} + pe_{219} + pe_{220} &\leq 3, \\ \dots 2 \cdot u_{24} + pe_{219} + pe_{220} &\leq 2, \\ \dots 1 \cdot u_{25} + pe_{220} &\leq 1, \\ \\ \dots 5 \cdot u_{31} + pe_{316} + pe_{317} + pe_{318} + pe_{319} + pe_{320} &\leq 5, \\ \dots 4 \cdot u_{32} + pe_{317} + pe_{318} + pe_{319} + pe_{320} &\leq 4, \\ \dots 3 \cdot u_{33} + pe_{318} + pe_{319} + pe_{320} &\leq 3, \\ \dots 2 \cdot u_{34} + pe_{319} + pe_{320} &\leq 2, \\ \dots 1 \cdot u_{35} + pe_{320} &\leq 1, \\ \\ \dots 6 \cdot u_{41} + pe_{415} + pe_{416} + pe_{417} + pe_{418} + pe_{419} + pe_{420} &\leq 6, \\ \dots 5 \cdot u_{42} + pe_{416} + pe_{417} + pe_{418} + pe_{419} + pe_{420} &\leq 5, \\ \dots 4 \cdot u_{43} + pe_{417} + pe_{418} + pe_{419} + pe_{420} &\leq 4, \\ \dots 3 \cdot u_{44} + pe_{418} + pe_{419} + pe_{420} &\leq 3, \\ \dots 2 \cdot u_{45} + pe_{419} + pe_{420} &\leq 2, \\ \dots 1 \cdot u_{46} + pe_{420} &\leq 1, \end{aligned}$$

"Gewährleisten der zulässigen Pause (S1.6)"

$$\begin{aligned} \dots u_{11} + pe_{15} + pe_{16} + pe_{17} + pe_{18} + pe_{19} + pe_{110} + pe_{111} + pe_{112} + pe_{113} &\leq 9, \\ \dots u_{12} + pe_{16} + pe_{17} + pe_{18} + pe_{19} + pe_{110} + pe_{111} + pe_{112} + pe_{113} + pe_{114} &\leq 9, \\ \dots u_{13} + pe_{17} + pe_{18} + pe_{19} + pe_{110} + pe_{111} + pe_{112} + pe_{113} + pe_{114} + pe_{115} &\leq 9, \\ \dots u_{14} + pe_{18} + pe_{19} + pe_{110} + pe_{111} + pe_{112} + pe_{113} + pe_{114} + pe_{115} + pe_{116} &\leq 9, \\ \\ \dots u_{21} + pe_{23} + pe_{24} + pe_{25} + pe_{26} + pe_{27} + pe_{28} + pe_{29} + pe_{210} + pe_{211} + pe_{212} + pe_{213} &\leq 11, \\ \dots u_{22} + pe_{24} + pe_{25} + pe_{26} + pe_{27} + pe_{28} + pe_{29} + pe_{210} + pe_{211} + pe_{212} + pe_{213} + pe_{214} &\leq 11, \\ \dots u_{23} + pe_{25} + pe_{26} + pe_{27} + pe_{28} + pe_{29} + pe_{210} + pe_{211} + pe_{212} + pe_{213} + pe_{214} + pe_{215} &\leq 11, \\ \dots u_{24} + pe_{26} + pe_{27} + pe_{28} + pe_{29} + pe_{210} + pe_{211} + pe_{212} + pe_{213} + pe_{214} + pe_{215} + pe_{216} &\leq 11, \\ \dots u_{25} + pe_{27} + pe_{28} + pe_{29} + pe_{210} + pe_{211} + pe_{212} + pe_{213} + pe_{214} + pe_{215} + pe_{216} + pe_{217} &\leq 11, \\ \dots u_{26} + pe_{28} + pe_{29} + pe_{210} + pe_{211} + pe_{212} + pe_{213} + pe_{214} + pe_{215} + pe_{216} + pe_{217} + pe_{218} &\leq 11, \\ \\ \dots u_{31} + pe_{33} + pe_{34} + pe_{35} + pe_{36} + pe_{37} + pe_{38} + pe_{39} + pe_{310} + pe_{311} + pe_{312} + pe_{313} &\leq 11, \\ \dots u_{32} + pe_{34} + pe_{35} + pe_{36} + pe_{37} + pe_{38} + pe_{39} + pe_{310} + pe_{311} + pe_{312} + pe_{313} + pe_{314} &\leq 11, \\ \dots u_{33} + pe_{35} + pe_{36} + pe_{37} + pe_{38} + pe_{39} + pe_{310} + pe_{311} + pe_{312} + pe_{313} + pe_{314} + pe_{315} &\leq 11, \\ \dots u_{34} + pe_{36} + pe_{37} + pe_{38} + pe_{39} + pe_{310} + pe_{311} + pe_{312} + pe_{313} + pe_{314} + pe_{315} + pe_{316} &\leq 11, \\ \dots u_{35} + pe_{37} + pe_{38} + pe_{39} + pe_{310} + pe_{311} + pe_{312} + pe_{313} + pe_{314} + pe_{315} + pe_{316} + pe_{317} &\leq 11, \\ \dots u_{36} + pe_{38} + pe_{39} + pe_{310} + pe_{311} + pe_{312} + pe_{313} + pe_{314} + pe_{315} + pe_{316} + pe_{317} + pe_{318} &\leq 11, \\ \\ \dots u_{41} + pe_{42} + pe_{43} + pe_{44} + pe_{45} + pe_{46} + pe_{47} + pe_{48} + pe_{49} + pe_{410} + pe_{411} + pe_{412} + pe_{413} &\leq 12, \\ \dots u_{42} + pe_{43} + pe_{44} + pe_{45} + pe_{46} + pe_{47} + pe_{48} + pe_{49} + pe_{410} + pe_{411} + pe_{412} + pe_{413} + pe_{414} &\leq 12, \\ \dots u_{43} + pe_{44} + pe_{45} + pe_{46} + pe_{47} + pe_{48} + pe_{49} + pe_{410} + pe_{411} + pe_{412} + pe_{413} + pe_{414} + pe_{415} &\leq 12, \\ \dots u_{44} + pe_{45} + pe_{46} + pe_{47} + pe_{48} + pe_{49} + pe_{410} + pe_{411} + pe_{412} + pe_{413} + pe_{414} + pe_{415} + pe_{416} &\leq 12, \\ \dots u_{45} + pe_{46} + pe_{47} + pe_{48} + pe_{49} + pe_{410} + pe_{411} + pe_{412} + pe_{413} + pe_{414} + pe_{415} + pe_{416} + pe_{417} &\leq 12, \\ \dots u_{46} + pe_{47} + pe_{48} + pe_{49} + pe_{410} + pe_{411} + pe_{412} + pe_{413} + pe_{414} + pe_{415} + pe_{416} + pe_{417} + pe_{418} &\leq 12, \\ \dots u_{47} + pe_{48} + pe_{49} + pe_{410} + pe_{411} + pe_{412} + pe_{413} + pe_{414} + pe_{415} + pe_{416} + pe_{417} + pe_{418} + pe_{419} &\leq 12; \end{aligned}$$

Anhang 2: Ausformuliertes Modell S1a (Arbeitszeitformen mit offener Arbeitszeitdauer und variabler Lage mit einer Pause)

$$S = 20; \overline{pA} = 4; 13 \leq \overline{AZ}_k \leq 17 \quad \forall k = 1, 2, \dots, 5.$$

Variablen: peis -> {0..1} "Arbeitskraft i wird in Periode s eingesetzt",
aik -> {0..1} "Arbeitskraft i arbeitet nach Arbeitszeitkategorie k",
uis -> {0..1} "Arbeitskraft i beginnt ihren Einsatz in Periode s",

maximize: $5 \cdot u_{11} + 3 \cdot u_{12} + 1 \cdot u_{13} + 1 \cdot u_{25} + 3 \cdot u_{26} + 5 \cdot u_{27} + 1 \cdot u_{34} + 3 \cdot u_{35} + 5 \cdot u_{36} + 5 \cdot u_{42} + 3 \cdot u_{43} + 1 \cdot u_{44} + 21 \cdot a_{11} + 16 \cdot a_{12} + 11 \cdot a_{13} + 6 \cdot a_{14} + 21 \cdot a_{21} + 16 \cdot a_{22} + 11 \cdot a_{23} + 6 \cdot a_{24} + 16 \cdot a_{32} + 11 \cdot a_{33} + 6 \cdot a_{34} + 1 \cdot a_{35} + 16 \cdot a_{42} + 11 \cdot a_{43} + 6 \cdot a_{44} + 1 \cdot a_{35}$

"Deckung des Personalbedarfs (S1a.1)"

.. pe11 + pe21 + pe31 + pe41 >= 2,	.. pe111 + pe211 + pe311 + pe411 >= 3,
.. pe12 + pe22 + pe32 + pe42 >= 2,	.. pe112 + pe212 + pe312 + pe412 >= 3,
.. pe13 + pe23 + pe33 + pe43 >= 2,	.. pe113 + pe213 + pe313 + pe413 >= 3,
.. pe14 + pe24 + pe34 + pe44 >= 3,	.. pe114 + pe214 + pe314 + pe414 >= 3,
.. pe15 + pe25 + pe35 + pe45 >= 3,	.. pe115 + pe215 + pe315 + pe415 >= 2,
.. pe16 + pe26 + pe36 + pe46 >= 4,	.. pe116 + pe216 + pe316 + pe416 >= 2,
.. pe17 + pe27 + pe37 + pe47 >= 3,	.. pe117 + pe217 + pe317 + pe417 >= 2,
.. pe18 + pe28 + pe38 + pe48 >= 4,	.. pe118 + pe218 + pe318 + pe418 >= 2,
.. pe19 + pe29 + pe39 + pe49 >= 3,	.. pe119 + pe219 + pe319 + pe419 >= 1,
.. pe110 + pe210 + pe310 + pe410 >= 3,	.. pe120 + pe220 + pe320 + pe420 >= 1,

"Einsatz während der Dauer der zu wählenden Arbeitszeitkategorie (S1a.2)"

.. pe11 + pe12 + pe13 + pe14 + pe15 + pe16 + pe17 + pe18 + pe19 + pe110 + pe111 + pe112 + pe113 + pe114 + pe115 + pe116 + pe117 + pe118 + pe119 + pe120 - 13*a11 - 14*a12 - 15*a13 - 16*a14 = 0,
.. pe21 + pe22 + pe23 + pe24 + pe25 + pe26 + pe27 + pe28 + pe29 + pe210 + pe211 + pe212 + pe213 + pe214 + pe215 + pe216 + pe217 + pe218 + pe219 + pe220 - 13*a21 - 14*a22 - 15*a23 - 16*a24 = 0,
.. pe31 + pe32 + pe33 + pe34 + pe35 + pe36 + pe37 + pe38 + pe39 + pe310 + pe311 + pe312 + pe313 + pe314 + pe315 + pe316 + pe317 + pe318 + pe319 + pe320 - 14*a32 - 15*a33 - 16*a34 - 17*a35 = 0,
.. pe41 + pe42 + pe43 + pe44 + pe45 + pe46 + pe47 + pe48 + pe49 + pe410 + pe411 + pe412 + pe413 + pe414 + pe415 + pe416 + pe417 + pe418 + pe419 + pe420 - 14*a42 - 15*a43 - 16*a44 - 17*a45 = 0,

"Erzwingen einer Arbeitszeitkategorie (S1a.3)"

.. a11 + a12 + a13 + a14 = 1,
.. a21 + a22 + a23 + a24 = 1,
.. a32 + a33 + a34 + a35 = 1,
.. a42 + a43 + a44 + a45 = 1,

"Erkennen der Beginnzeitpunkte (S1a.4)"

.. pe11 - u11	<= 0,
.. pe12 - pe11 - u12	<= 0,
.. pe13 - pe12 - pe11 - u13	<= 0,
.. pe14 - pe13 - pe12 - pe11 - u14	<= 0,
.. pe15 - pe14 - pe13 - pe12 - pe11 - u15	<= 0,
.. pe16 - pe15 - pe14 - pe13 - pe12 - pe11 - u16	<= 0,
.. pe17 - pe16 - pe15 - pe14 - pe13 - pe12 - pe11 - u17	<= 0,
.. pe21 - u21	<= 0,
.. pe22 - pe21 - u22	<= 0,
.. pe23 - pe22 - pe21 - u23	<= 0,
.. pe24 - pe23 - pe22 - pe21 - u24	<= 0,
.. pe25 - pe24 - pe23 - pe22 - pe21 - u25	<= 0,
.. pe26 - pe25 - pe24 - pe23 - pe22 - pe21 - u26	<= 0,
.. pe27 - pe26 - pe25 - pe24 - pe23 - pe22 - pe21 - u27	<= 0,

$\dots pe31 - u31 \leq 0,$
 $\dots pe32 - pe31 - u32 \leq 0,$
 $\dots pe33 - pe32 - pe31 - u33 \leq 0,$
 $\dots pe34 - pe33 - pe32 - pe31 - u34 \leq 0,$
 $\dots pe35 - pe34 - pe33 - pe32 - pe31 - u35 \leq 0,$
 $\dots pe36 - pe35 - pe34 - pe33 - pe32 - pe31 - u36 \leq 0,$
 $\dots pe41 - u41 \leq 0,$
 $\dots pe42 - pe41 - u42 \leq 0,$
 $\dots pe43 - pe42 - pe41 - u43 \leq 0,$
 $\dots pe44 - pe43 - pe42 - pe41 - u44 \leq 0,$
 $\dots pe45 - pe44 - pe43 - pe42 - pe41 - u45 \leq 0,$
 $\dots pe46 - pe45 - pe44 - pe43 - pe42 - pe41 - u46 \leq 0,$

"Erzwingen eines Beginnzeitpunktes (S1a.5)"

$\dots u11 + u12 + u13 + u14 + u15 + u16 + u17 = 1,$
 $\dots u21 + u22 + u23 + u24 + u25 + u26 + u27 = 1,$
 $\dots u31 + u32 + u33 + u34 + u35 + u36 = 1,$
 $\dots u41 + u42 + u43 + u44 + u45 + u46 = 1,$

"Ausschluß unzulässiger Beginnzeitpunkte in Abhängigkeit von der gewählten Arbeitszeitkategorie (S1a.6)"

$\dots 1*a12 + u17 \leq 1, \dots 1*a33 + u36 \leq 1,$
 $\dots 2*a13 + u16 + u17 \leq 2, \dots 2*a34 + u35 + u36 \leq 2,$
 $\dots 3*a14 + u15 + u16 + u17 \leq 3, \dots 3*a35 + u34 + u35 + u36 \leq 3,$
 $\dots 1*a22 + u27 \leq 1, \dots 1*a43 + u46 \leq 1,$
 $\dots 2*a23 + u26 + u27 \leq 2, \dots 2*a44 + u45 + u46 \leq 2,$
 $\dots 3*a24 + u25 + u26 + u27 \leq 3, \dots 3*a45 + u44 + u45 + u46 \leq 3,$

"Kein Einsatz nach dem Ende der Anwesenheitsdauer (S1a.7)"

$\dots 6*u11 + 6*a11 + pe115 + pe116 + pe117 + pe118 + pe119 + pe120 \leq 12,$
 $\dots 5*u12 + 5*a11 + pe116 + pe117 + pe118 + pe119 + pe120 \leq 10,$
 $\dots 4*u13 + 4*a11 + pe117 + pe118 + pe119 + pe120 \leq 8,$
 $\dots 3*u14 + 3*a11 + pe118 + pe119 + pe120 \leq 6,$
 $\dots 2*u15 + 2*a11 + pe119 + pe120 \leq 4,$
 $\dots u16 + a11 + pe120 \leq 2,$
 $\dots 6*u21 + 6*a21 + pe215 + pe216 + pe217 + pe218 + pe219 + pe220 \leq 12,$
 $\dots 5*u22 + 5*a21 + pe216 + pe217 + pe218 + pe219 + pe220 \leq 10,$
 $\dots 4*u23 + 4*a21 + pe217 + pe218 + pe219 + pe220 \leq 8,$
 $\dots 3*u24 + 3*a21 + pe218 + pe219 + pe220 \leq 6,$
 $\dots 2*u25 + 2*a21 + pe219 + pe220 \leq 4,$
 $\dots u26 + a21 + pe220 \leq 2,$
 $\dots 5*u11 + 5*a12 + pe116 + pe117 + pe118 + pe119 + pe120 \leq 10,$
 $\dots 4*u12 + 4*a12 + pe117 + pe118 + pe119 + pe120 \leq 8,$
 $\dots 3*u13 + 3*a12 + pe118 + pe119 + pe120 \leq 6,$
 $\dots 2*u14 + 2*a12 + pe119 + pe120 \leq 4,$
 $\dots u15 + a12 + pe120 \leq 2,$
 $\dots 5*u21 + 5*a22 + pe216 + pe217 + pe218 + pe219 + pe220 \leq 10,$
 $\dots 4*u22 + 4*a22 + pe217 + pe218 + pe219 + pe220 \leq 8,$
 $\dots 3*u23 + 3*a22 + pe218 + pe219 + pe220 \leq 6,$
 $\dots 2*u24 + 2*a22 + pe219 + pe220 \leq 4,$
 $\dots u25 + a22 + pe220 \leq 2,$
 $\dots 5*u31 + 5*a32 + pe316 + pe317 + pe318 + pe319 + pe320 \leq 10,$
 $\dots 4*u32 + 4*a32 + pe317 + pe318 + pe319 + pe320 \leq 8,$
 $\dots 3*u33 + 3*a32 + pe318 + pe319 + pe320 \leq 6,$
 $\dots 2*u34 + 2*a32 + pe319 + pe320 \leq 4,$
 $\dots u35 + a32 + pe320 \leq 2,$
 $\dots 5*u41 + 5*a42 + pe416 + pe417 + pe418 + pe419 + pe420 \leq 10,$
 $\dots 4*u42 + 4*a42 + pe417 + pe418 + pe419 + pe420 \leq 8,$
 $\dots 3*u43 + 3*a42 + pe418 + pe419 + pe420 \leq 6,$

$.. 2*u44 + 2*a42 + pe419 + pe420 \leq 4,$
 $.. u45 + a42 + pe420 \leq 2,$
 $.. 4*u11 + 4*a13 + pe117 + pe118 + pe119 + pe120 \leq 8,$
 $.. 3*u12 + 3*a13 + pe118 + pe119 + pe120 \leq 6,$
 $.. 2*u13 + 2*a13 + pe119 + pe120 \leq 4,$
 $.. u14 + a13 + pe120 \leq 2,$
 $.. 4*u21 + 4*a23 + pe217 + pe218 + pe219 + pe220 \leq 8,$
 $.. 3*u22 + 3*a23 + pe218 + pe219 + pe220 \leq 6,$
 $.. 2*u23 + 2*a23 + pe219 + pe220 \leq 4,$
 $.. u24 + a23 + pe220 \leq 2,$
 $.. 4*u31 + 4*a33 + pe317 + pe318 + pe319 + pe320 \leq 8,$
 $.. 3*u32 + 3*a33 + pe318 + pe319 + pe320 \leq 6,$
 $.. 2*u33 + 2*a33 + pe319 + pe320 \leq 4,$
 $.. u34 + a33 + pe320 \leq 2,$
 $.. 4*u41 + 4*a43 + pe417 + pe418 + pe419 + pe420 \leq 8,$
 $.. 3*u42 + 3*a43 + pe418 + pe419 + pe420 \leq 6,$
 $.. 2*u43 + 2*a43 + pe419 + pe420 \leq 4,$
 $.. u44 + a43 + pe420 \leq 2,$
 $.. 3*u11 + 3*a14 + pe118 + pe119 + pe120 \leq 6,$
 $.. 2*u12 + 2*a14 + pe119 + pe120 \leq 4,$
 $.. u13 + a14 + pe120 \leq 2,$
 $.. 3*u21 + 3*a24 + pe218 + pe219 + pe220 \leq 6,$
 $.. 2*u22 + 2*a24 + pe219 + pe220 \leq 4,$
 $.. u23 + a24 + pe220 \leq 2,$
 $.. 3*u31 + 3*a34 + pe318 + pe319 + pe320 \leq 6,$
 $.. 2*u32 + 2*a34 + pe319 + pe320 \leq 4,$
 $.. u33 + a34 + pe320 \leq 2,$
 $.. 3*u41 + 3*a44 + pe418 + pe419 + pe420 \leq 6,$
 $.. 2*u42 + 2*a44 + pe419 + pe420 \leq 4,$
 $.. u43 + a44 + pe420 \leq 2,$
 $.. 2*u31 + 2*a35 + pe319 + pe320 \leq 4,$
 $.. u32 + a35 + pe320 \leq 2,$
 $.. 2*u41 + 2*a45 + pe419 + pe420 \leq 4,$
 $.. u42 + a45 + pe420 \leq 2,$

Gewährleisten der zulässigen Pausenlage (S1a.8)

$.. u11 + a11 + pe12 + pe13 + pe14 + pe15 + pe16 + pe17 + pe18 + pe19 + pe110 + pe111 + pe112 + pe113 \leq 13,$
 $.. u12 + a11 + pe13 + pe14 + pe15 + pe16 + pe17 + pe18 + pe19 + pe110 + pe111 + pe112 + pe113 + pe114 \leq 13,$
 $.. u13 + a11 + pe14 + pe15 + pe16 + pe17 + pe18 + pe19 + pe110 + pe111 + pe112 + pe113 + pe114 + pe115 \leq 13,$
 $.. u14 + a11 + pe15 + pe16 + pe17 + pe18 + pe19 + pe110 + pe111 + pe112 + pe113 + pe114 + pe115 + pe116 \leq 13,$
 $.. u15 + a11 + pe16 + pe17 + pe18 + pe19 + pe110 + pe111 + pe112 + pe113 + pe114 + pe115 + pe116 + pe117 \leq 13,$
 $.. u16 + a11 + pe17 + pe18 + pe19 + pe110 + pe111 + pe112 + pe113 + pe114 + pe115 + pe116 + pe117 + pe118 \leq 13,$
 $.. u17 + a11 + pe18 + pe19 + pe110 + pe111 + pe112 + pe113 + pe114 + pe115 + pe116 + pe117 + pe118 + pe119 \leq 13,$
 $.. u21 + a21 + pe22 + pe23 + pe24 + pe25 + pe26 + pe27 + pe28 + pe29 + pe210 + pe211 + pe212 + pe213 \leq 13,$
 $.. u22 + a21 + pe23 + pe24 + pe25 + pe26 + pe27 + pe28 + pe29 + pe210 + pe211 + pe212 + pe213 + pe214 \leq 13,$
 $.. u23 + a21 + pe24 + pe25 + pe26 + pe27 + pe28 + pe29 + pe210 + pe211 + pe212 + pe213 + pe214 + pe215 \leq 13,$

$.. u21 + a24 + pe25 + pe26 + pe27 + pe28 + pe29 + pe210 + pe211 + pe212 + pe213 \leq 10,$
 $.. u22 + a24 + pe26 + pe27 + pe28 + pe29 + pe210 + pe211 + pe212 + pe213 + pe214 \leq 10,$
 $.. u23 + a24 + pe27 + pe28 + pe29 + pe210 + pe211 + pe212 + pe213 + pe214 + pe215 \leq 10,$
 $.. u24 + a24 + pe28 + pe29 + pe210 + pe211 + pe212 + pe213 + pe214 + pe215 + pe216 \leq 10,$
 $.. u31 + a34 + pe35 + pe36 + pe37 + pe38 + pe39 + pe310 + pe311 + pe312 + pe313 \leq 10,$
 $.. u32 + a34 + pe36 + pe37 + pe38 + pe39 + pe310 + pe311 + pe312 + pe313 + pe314 \leq 10,$
 $.. u33 + a34 + pe37 + pe38 + pe39 + pe310 + pe311 + pe312 + pe313 + pe314 + pe315 \leq 10,$
 $.. u34 + a34 + pe38 + pe39 + pe310 + pe311 + pe312 + pe313 + pe314 + pe315 + pe316 \leq 10,$
 $.. u41 + a44 + pe45 + pe46 + pe47 + pe48 + pe49 + pe410 + pe411 + pe412 + pe413 \leq 10,$
 $.. u42 + a44 + pe46 + pe47 + pe48 + pe49 + pe410 + pe411 + pe412 + pe413 + pe414 \leq 10,$
 $.. u43 + a44 + pe47 + pe48 + pe49 + pe410 + pe411 + pe412 + pe413 + pe414 + pe415 \leq 10,$
 $.. u44 + a44 + pe48 + pe49 + pe410 + pe411 + pe412 + pe413 + pe414 + pe415 + pe416 \leq 10,$
 $.. u31 + a35 + pe36 + pe37 + pe38 + pe39 + pe310 + pe311 + pe312 + pe313 \leq 9,$
 $.. u32 + a35 + pe37 + pe38 + pe39 + pe310 + pe311 + pe312 + pe313 + pe314 \leq 9,$
 $.. u33 + a35 + pe38 + pe39 + pe310 + pe311 + pe312 + pe313 + pe314 + pe315 \leq 9,$
 $.. u41 + a45 + pe46 + pe47 + pe48 + pe49 + pe410 + pe411 + pe412 + pe413 \leq 9,$
 $.. u42 + a45 + pe47 + pe48 + pe49 + pe410 + pe411 + pe412 + pe413 + pe414 \leq 9,$
 $.. u43 + a45 + pe48 + pe49 + pe410 + pe411 + pe412 + pe413 + pe414 + pe415 \leq 9;$

Anhang 3: Ausformuliertes Modell SQ (Arbeitszeitformen mit gegebener Arbeitszeitdauer und variabler Lage bei Bereitstellungs- und Verwendungsmehrdeutigkeiten)

$$S = 20; \overline{PA} = 7; \overline{AZ} = 15; Q = 2, R = 3.$$

Variablen: peiqs \rightarrow {0.. 1} "Arbeitskraft i wird für Tätigkeitsart q in Periode s eingesetzt",
 uis \rightarrow {0.. 1} "Arbeitskraft i beginnt ihren Einsatz in Periode s",

maximize: $5 \cdot u11 + 3 \cdot u12 + 1 \cdot u13 - pe111 - pe112 - pe113 - pe114 + 5 \cdot u22 + 3 \cdot u23 +$
 $1 \cdot u24 - pe217 - pe218 - pe219 - pe210 + 5 \cdot u33 + 3 \cdot u34 + 1 \cdot u35 - pe3113 -$
 $pe3114 - pe3115 - pe3116 + 1 \cdot u41 + 3 \cdot u42 + 5 \cdot u43 - pe429 - pe4210 - pe4211 -$
 $pe4212 + 1 \cdot u52 + 3 \cdot u53 + 5 \cdot u54 - pe5212 - pe5213 - pe5214 - pe5215 + 1 \cdot u63 +$
 $3 \cdot u64 + 5 \cdot u65 - pe6116 - pe6216 - pe6117 - pe6217 - pe6118 - pe6218 - pe6119 -$
 $pe6219 + 5 \cdot u71 + 3 \cdot u72 + 1 \cdot u73 - pe716 - pe726 - pe717 - pe727 - pe718 -$
 $pe728 - pe719 - pe729$

"Deckung des Personalbedarfs (SQ.1)"

"q = 1"

$.. pe111 + pe211 + pe311 + pe611 + pe711 \geq 2,$
 $.. pe112 + pe212 + pe312 + pe612 + pe712 \geq 2,$
 $.. pe113 + pe213 + pe313 + pe613 + pe713 \geq 2,$
 $.. pe114 + pe214 + pe314 + pe614 + pe714 \geq 3,$
 $.. pe115 + pe215 + pe315 + pe615 + pe715 \geq 3,$
 $.. pe116 + pe216 + pe316 + pe616 + pe716 \geq 4,$
 $.. pe117 + pe217 + pe317 + pe617 + pe717 \geq 4,$
 $.. pe118 + pe218 + pe318 + pe618 + pe718 \geq 4,$
 $.. pe119 + pe219 + pe319 + pe619 + pe719 \geq 3,$
 $.. pe1110 + pe2110 + pe3110 + pe6110 + pe7110 \geq 3,$
 $.. pe1111 + pe2111 + pe3111 + pe6111 + pe7111 \geq 4,$
 $.. pe1112 + pe2112 + pe3112 + pe6112 + pe7112 \geq 4,$
 $.. pe1113 + pe2113 + pe3113 + pe6113 + pe7113 \geq 4,$
 $.. pe1114 + pe2114 + pe3114 + pe6114 + pe7114 \geq 3,$
 $.. pe1115 + pe2115 + pe3115 + pe6115 + pe7115 \geq 3,$
 $.. pe1116 + pe2116 + pe3116 + pe6116 + pe7116 \geq 2,$
 $.. pe1117 + pe2117 + pe3117 + pe6117 + pe7117 \geq 2,$
 $.. pe1118 + pe2118 + pe3118 + pe6118 + pe7118 \geq 2,$
 $.. pe1119 + pe2119 + pe3119 + pe6119 + pe7119 \geq 1,$
 $.. pe1120 + pe2120 + pe3120 + pe6120 + pe7120 \geq 1,$

"q = 2"

.. pe421 + pe521 + pe621 + pe721 >= 1,
 .. pe422 + pe522 + pe622 + pe722 >= 1,
 .. pe423 + pe523 + pe623 + pe723 >= 1,
 .. pe424 + pe524 + pe624 + pe724 >= 2,
 .. pe425 + pe525 + pe625 + pe725 >= 2,
 .. pe426 + pe526 + pe626 + pe726 >= 2,
 .. pe427 + pe527 + pe627 + pe727 >= 2,
 .. pe428 + pe528 + pe628 + pe728 >= 3,
 .. pe429 + pe529 + pe629 + pe729 >= 2,
 .. pe4210 + pe5210 + pe6210 + pe7210 >= 2,
 .. pe4211 + pe5211 + pe6211 + pe7211 >= 2,
 .. pe4212 + pe5212 + pe6212 + pe7212 >= 2,
 .. pe4213 + pe5213 + pe6213 + pe7213 >= 3,
 .. pe4214 + pe5214 + pe6214 + pe7214 >= 2,
 .. pe4215 + pe5215 + pe6215 + pe7215 >= 3,
 .. pe4216 + pe5216 + pe6216 + pe7216 >= 2,
 .. pe4217 + pe5217 + pe6217 + pe7217 >= 2,
 .. pe4218 + pe5218 + pe6218 + pe7218 >= 2,
 .. pe4219 + pe5219 + pe6219 + pe7219 >= 1,
 .. pe4220 + pe5220 + pe6220 + pe7220 >= 1,

"Sicherstellen höchstens einer Tätigkeit pro Periode für mehrfachqualifizierte Arbeitskräfte (SQ.2) "

.. pe611 + pe621 <= 1,	.. pe711 + pe721 <= 1,
.. pe612 + pe622 <= 1,	.. pe712 + pe722 <= 1,
.. pe613 + pe623 <= 1,	.. pe713 + pe723 <= 1,
.. pe614 + pe624 <= 1,	.. pe714 + pe724 <= 1,
.. pe615 + pe625 <= 1,	.. pe715 + pe725 <= 1,
.. pe616 + pe626 <= 1,	.. pe716 + pe726 <= 1,
.. pe617 + pe627 <= 1,	.. pe717 + pe727 <= 1,
.. pe618 + pe628 <= 1,	.. pe718 + pe728 <= 1,
.. pe619 + pe629 <= 1,	.. pe719 + pe729 <= 1,
.. pe6110 + pe6210 <= 1,	.. pe7110 + pe7210 <= 1,
.. pe6111 + pe6211 <= 1,	.. pe7111 + pe7211 <= 1,
.. pe6112 + pe6212 <= 1,	.. pe7112 + pe7212 <= 1,
.. pe6113 + pe6213 <= 1,	.. pe7113 + pe7213 <= 1,
.. pe6114 + pe6214 <= 1,	.. pe7114 + pe7214 <= 1,
.. pe6115 + pe6215 <= 1,	.. pe7115 + pe7215 <= 1,
.. pe6116 + pe6216 <= 1,	.. pe7116 + pe7216 <= 1,
.. pe6117 + pe6217 <= 1,	.. pe7117 + pe7217 <= 1,
.. pe6118 + pe6218 <= 1,	.. pe7118 + pe7218 <= 1,
.. pe6119 + pe6219 <= 1,	.. pe7119 + pe7219 <= 1,
.. pe6120 + pe6220 <= 1,	.. pe7120 + pe7220 <= 1,

"Sicherstellen einer gegebenen Arbeitszeitdauer (SQ.3) "

.. pe111 + pe112 + pe113 + pe114 + pe115 + pe116 + pe117 + pe118 + pe119 + pe1110 +
 pe1111 + pe1112 + pe1113 + pe1114 + pe1115 + pe1116 + pe1117 + pe1118 + pe1119 + pe1120 = 15,
 .. pe211 + pe212 + pe213 + pe214 + pe215 + pe216 + pe217 + pe218 + pe219 + pe2110 +
 pe2111 + pe2112 + pe2113 + pe2114 + pe2115 + pe2116 + pe2117 + pe2118 + pe2119 + pe2120 = 15,
 .. pe311 + pe312 + pe313 + pe314 + pe315 + pe316 + pe317 + pe318 + pe319 + pe3110 +
 pe3111 + pe3112 + pe3113 + pe3114 + pe3115 + pe3116 + pe3117 + pe3118 + pe3119 + pe3120 = 15,
 .. pe421 + pe422 + pe423 + pe424 + pe425 + pe426 + pe427 + pe428 + pe429 + pe4210 +
 pe4211 + pe4212 + pe4213 + pe4214 + pe4215 + pe4216 + pe4217 + pe4218 + pe4219 + pe4220 = 15,
 .. pe521 + pe522 + pe523 + pe524 + pe525 + pe526 + pe527 + pe528 + pe529 + pe5210 +
 pe5211 + pe5212 + pe5213 + pe5214 + pe5215 + pe5216 + pe5217 + pe5218 + pe5219 + pe5220 = 15,
 .. pe611 + pe612 + pe613 + pe614 + pe615 + pe616 + pe617 + pe618 + pe619 + pe6110 +
 pe6111 + pe6112 + pe6113 + pe6114 + pe6115 + pe6116 + pe6117 + pe6118 + pe6119 + pe6120 +
 pe621 + pe622 + pe623 + pe624 + pe625 + pe626 + pe627 + pe628 + pe629 + pe6210 +
 pe6211 + pe6212 + pe6213 + pe6214 + pe6215 + pe6216 + pe6217 + pe6218 + pe6219 + pe6220 = 15,
 .. pe711 + pe712 + pe713 + pe714 + pe715 + pe716 + pe717 + pe718 + pe719 + pe7110 +
 pe7111 + pe7112 + pe7113 + pe7114 + pe7115 + pe7116 + pe7117 + pe7118 + pe7119 + pe7120 +

$$\text{pe721} + \text{pe722} + \text{pe723} + \text{pe724} + \text{pe725} + \text{pe726} + \text{pe727} + \text{pe728} + \text{pe729} + \text{pe7210} + \text{pe7211} + \text{pe7212} + \text{pe7213} + \text{pe7214} + \text{pe7215} + \text{pe7216} + \text{pe7217} + \text{pe7218} + \text{pe7219} + \text{pe7220} = 15,$$

"Erkennen der Beginnzeitpunkte (SQ.4)"

$$\begin{aligned}
 &.. \text{pe111} - \text{u11} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe112} - \text{pe111} - \text{u12} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe113} - \text{pe111} - \text{pe112} - \text{u13} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe114} - \text{pe111} - \text{pe112} - \text{pe113} - \text{u14} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe115} - \text{pe111} - \text{pe112} - \text{pe113} - \text{pe114} - \text{u15} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe211} - \text{u21} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe212} - \text{pe211} - \text{u22} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe213} - \text{pe211} - \text{pe212} - \text{u23} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe214} - \text{pe211} - \text{pe212} - \text{pe213} - \text{u24} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe215} - \text{pe211} - \text{pe212} - \text{pe213} - \text{pe214} - \text{u25} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe311} - \text{u31} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe312} - \text{pe311} - \text{u32} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe313} - \text{pe311} - \text{pe312} - \text{u33} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe314} - \text{pe311} - \text{pe312} - \text{pe313} - \text{u34} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe315} - \text{pe311} - \text{pe312} - \text{pe313} - \text{pe314} - \text{u35} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe421} - \text{u41} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe422} - \text{pe421} - \text{u42} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe423} - \text{pe421} - \text{pe422} - \text{u43} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe424} - \text{pe421} - \text{pe422} - \text{pe423} - \text{u44} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe425} - \text{pe421} - \text{pe422} - \text{pe423} - \text{pe424} - \text{u45} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe521} - \text{u51} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe522} - \text{pe521} - \text{u52} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe523} - \text{pe521} - \text{pe522} - \text{u53} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe524} - \text{pe521} - \text{pe522} - \text{pe523} - \text{u54} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe525} - \text{pe521} - \text{pe522} - \text{pe523} - \text{pe524} - \text{u55} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe611} + \text{pe621} - \text{u61} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe612} + \text{pe622} - \text{pe611} - \text{pe621} - \text{u62} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe613} + \text{pe623} - \text{pe611} - \text{pe621} - \text{pe612} - \text{pe622} - \text{u63} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe614} + \text{pe624} - \text{pe611} - \text{pe621} - \text{pe612} - \text{pe622} - \text{pe613} - \text{pe623} - \text{u64} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe615} + \text{pe625} - \text{pe611} - \text{pe621} - \text{pe612} - \text{pe622} - \text{pe613} - \text{pe623} - \text{pe614} - \text{pe624} - \text{u65} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe711} + \text{pe721} - \text{u71} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe712} + \text{pe722} - \text{pe711} - \text{pe721} - \text{u72} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe713} + \text{pe723} - \text{pe711} - \text{pe721} - \text{pe712} - \text{pe722} - \text{u73} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe714} + \text{pe724} - \text{pe711} - \text{pe721} - \text{pe712} - \text{pe722} - \text{pe713} - \text{pe723} - \text{u74} && \leq 0, \\
 &.. \text{pe715} + \text{pe725} - \text{pe711} - \text{pe721} - \text{pe712} - \text{pe722} - \text{pe713} - \text{pe723} - \text{pe714} - \text{pe724} - \text{u75} && \leq 0,
 \end{aligned}$$

"Erzwingen eines Beginnzeitpunktes (SQ.5)"

$$\begin{aligned}
 &.. \text{u11} + \text{u12} + \text{u13} + \text{u14} + \text{u15} = 1, \\
 &.. \text{u21} + \text{u22} + \text{u23} + \text{u24} + \text{u25} = 1, \\
 &.. \text{u31} + \text{u32} + \text{u33} + \text{u34} + \text{u35} = 1, \\
 &.. \text{u41} + \text{u42} + \text{u43} + \text{u44} + \text{u45} = 1, \\
 &.. \text{u51} + \text{u52} + \text{u53} + \text{u54} + \text{u55} = 1, \\
 &.. \text{u61} + \text{u62} + \text{u63} + \text{u64} + \text{u65} = 1, \\
 &.. \text{u71} + \text{u72} + \text{u73} + \text{u74} + \text{u75} = 1,
 \end{aligned}$$

"Kein Einsatz nach dem Ende der Anwesenheitsdauer (SQ.6)"

$$\begin{aligned}
 &.. 4 * \text{u11} + \text{pe1117} + \text{pe1118} + \text{pe1119} + \text{pe1120} && \leq 4, \\
 &.. 3 * \text{u12} + \text{pe1118} + \text{pe1119} + \text{pe1120} && \leq 3, \\
 &.. 2 * \text{u13} + \text{pe1119} + \text{pe1120} && \leq 2, \\
 &.. \text{u14} + \text{pe1120} && \leq 1, \\
 &.. 4 * \text{u21} + \text{pe2117} + \text{pe2118} + \text{pe2119} + \text{pe2120} && \leq 4, \\
 &.. 3 * \text{u22} + \text{pe2118} + \text{pe2119} + \text{pe2120} && \leq 3, \\
 &.. 2 * \text{u23} + \text{pe2119} + \text{pe2120} && \leq 2, \\
 &.. \text{u24} + \text{pe2120} && \leq 1,
 \end{aligned}$$

```

.. 4*u31 + pe3117 + pe3118 + pe3119 + pe3120 <= 4,
.. 3*u32 + pe3118 + pe3119 + pe3120 <= 3,
.. 2*u33 + pe3119 + pe3120 <= 2,
.. u34 + pe3120 <= 1,

.. 4*u41 + pe4217 + pe4218 + pe4219 + pe4220 <= 4,
.. 3*u42 + pe4218 + pe4219 + pe4220 <= 3,
.. 2*u43 + pe4219 + pe4220 <= 2,
.. u44 + pe4220 <= 1,

.. 4*u51 + pe5217 + pe5218 + pe5219 + pe5220 <= 4,
.. 3*u52 + pe5218 + pe5219 + pe5220 <= 3,
.. 2*u53 + pe5219 + pe5220 <= 2,
.. u54 + pe5220 <= 1,

.. 8*u61 + pe6117 + pe6217 + pe6118 + pe6218 + pe6119 + pe6219 + pe6120 + pe6220 <= 8,
.. 6*u62 + pe6118 + pe6218 + pe6119 + pe6219 + pe6120 + pe6220 <= 6,
.. 4*u63 + pe6119 + pe6219 + pe6120 + pe6220 <= 4,
.. 2*u64 + pe6120 + pe6220 <= 2,

.. 8*u71 + pe7117 + pe7217 + pe7118 + pe7218 + pe7119 + pe7219 + pe7120 + pe7220 <= 8,
.. 6*u72 + pe7118 + pe7218 + pe7119 + pe7219 + pe7120 + pe7220 <= 6,
.. 4*u73 + pe7119 + pe7219 + pe7120 + pe7220 <= 4,
.. 2*u74 + pe7120 + pe7220 <= 2,

"Gewährleihen der zulässigen Pausenlage (SQ.7)"
.. u11 + pe114 + pe115 + pe116 + pe117 + pe118 + pe119 + pe1110 + pe1111 + pe1112 + pe1113 <=10,
.. u12 + pe115 + pe116 + pe117 + pe118 + pe119 + pe1110 + pe1111 + pe1112 + pe1113 + pe1114 <=10,
.. u13 + pe116 + pe117 + pe118 + pe119 + pe1110 + pe1111 + pe1112 + pe1113 + pe1114 + pe1115 <=10,
.. u14 + pe117 + pe118 + pe119 + pe1110 + pe1111 + pe1112 + pe1113 + pe1114 + pe1115 + pe1116 <=10,
.. u15 + pe118 + pe119 + pe1110 + pe1111 + pe1112 + pe1113 + pe1114 + pe1115 + pe1116 + pe1117 <=10,

.. u21 + pe214 + pe215 + pe216 + pe217 + pe218 + pe219 + pe2110 + pe2111 + pe2112 + pe2113 <=10,
.. u22 + pe215 + pe216 + pe217 + pe218 + pe219 + pe2110 + pe2111 + pe2112 + pe2113 + pe2114 <=10,
.. u23 + pe216 + pe217 + pe218 + pe219 + pe2110 + pe2111 + pe2112 + pe2113 + pe2114 + pe2115 <=10,
.. u24 + pe217 + pe218 + pe219 + pe2110 + pe2111 + pe2112 + pe2113 + pe2114 + pe2115 + pe2116 <=10,
.. u25 + pe218 + pe219 + pe2110 + pe2111 + pe2112 + pe2113 + pe2114 + pe2115 + pe2116 + pe2117 <=10,

.. u31 + pe314 + pe315 + pe316 + pe317 + pe318 + pe319 + pe3110 + pe3111 + pe3112 + pe3113 <=10,
.. u32 + pe315 + pe316 + pe317 + pe318 + pe319 + pe3110 + pe3111 + pe3112 + pe3113 + pe3114 <=10,
.. u33 + pe316 + pe317 + pe318 + pe319 + pe3110 + pe3111 + pe3112 + pe3113 + pe3114 + pe3115 <=10,
.. u34 + pe317 + pe318 + pe319 + pe3110 + pe3111 + pe3112 + pe3113 + pe3114 + pe3115 + pe3116 <=10,
.. u35 + pe318 + pe319 + pe3110 + pe3111 + pe3112 + pe3113 + pe3114 + pe3115 + pe3116 + pe3117 <=10,

.. u41 + pe424 + pe425 + pe426 + pe427 + pe428 + pe429 + pe4210 + pe4211 + pe4212 + pe4213 <=10,
.. u42 + pe425 + pe426 + pe427 + pe428 + pe429 + pe4210 + pe4211 + pe4212 + pe4213 + pe4214 <=10,
.. u43 + pe426 + pe427 + pe428 + pe429 + pe4210 + pe4211 + pe4212 + pe4213 + pe4214 + pe4215 <=10,
.. u44 + pe427 + pe428 + pe429 + pe4210 + pe4211 + pe4212 + pe4213 + pe4214 + pe4215 + pe4216 <=10,
.. u45 + pe428 + pe429 + pe4210 + pe4211 + pe4212 + pe4213 + pe4214 + pe4215 + pe4216 + pe4217 <=10,

.. u51 + pe524 + pe525 + pe526 + pe527 + pe528 + pe529 + pe5210 + pe5211 + pe5212 + pe5213 <=10,
.. u52 + pe525 + pe526 + pe527 + pe528 + pe529 + pe5210 + pe5211 + pe5212 + pe5213 + pe5214 <=10,
.. u53 + pe526 + pe527 + pe528 + pe529 + pe5210 + pe5211 + pe5212 + pe5213 + pe5214 + pe5215 <=10,
.. u54 + pe527 + pe528 + pe529 + pe5210 + pe5211 + pe5212 + pe5213 + pe5214 + pe5215 + pe5216 <=10,
.. u55 + pe528 + pe529 + pe5210 + pe5211 + pe5212 + pe5213 + pe5214 + pe5215 + pe5216 + pe5217 <=10,

.. u61 + pe614 + pe615 + pe616 + pe617 + pe618 + pe619 + pe6110 + pe6111 + pe6112 + pe6113 +
pe624 + pe625 + pe626 + pe627 + pe628 + pe629 + pe6210 + pe6211 + pe6212 + pe6213 <=10,
.. u62 + pe615 + pe616 + pe617 + pe618 + pe619 + pe6110 + pe6111 + pe6112 + pe6113 + pe6114 +
pe625 + pe626 + pe627 + pe628 + pe629 + pe6210 + pe6211 + pe6212 + pe6213 + pe6214 <=10,
.. u63 + pe616 + pe617 + pe618 + pe619 + pe6110 + pe6111 + pe6112 + pe6113 + pe6114 + pe6115 +
pe626 + pe627 + pe628 + pe629 + pe6210 + pe6211 + pe6212 + pe6213 + pe6214 + pe6215 <=10,
.. u64 + pe617 + pe618 + pe619 + pe6110 + pe6111 + pe6112 + pe6113 + pe6114 + pe6115 + pe6116 +
pe627 + pe628 + pe629 + pe6210 + pe6211 + pe6212 + pe6213 + pe6214 + pe6215 + pe6216 <=10,
.. u65 + pe618 + pe619 + pe6110 + pe6111 + pe6112 + pe6113 + pe6114 + pe6115 + pe6116 + pe6117 +
pe628 + pe629 + pe6210 + pe6211 + pe6212 + pe6213 + pe6214 + pe6215 + pe6216 + pe6217 <=10,

```

$\dots u_{71} + pe_{714} + pe_{715} + pe_{716} + pe_{717} + pe_{718} + pe_{719} + pe_{7110} + pe_{7111} + pe_{7112} + pe_{7113} +$
 $pe_{724} + pe_{725} + pe_{726} + pe_{727} + pe_{728} + pe_{729} + pe_{7210} + pe_{7211} + pe_{7212} + pe_{7213} \leq 10,$
 $\dots u_{72} + pe_{715} + pe_{716} + pe_{717} + pe_{718} + pe_{719} + pe_{7110} + pe_{7111} + pe_{7112} + pe_{7113} + pe_{7114} +$
 $pe_{725} + pe_{726} + pe_{727} + pe_{728} + pe_{729} + pe_{7210} + pe_{7211} + pe_{7212} + pe_{7213} + pe_{7214} \leq 10,$
 $\dots u_{73} + pe_{716} + pe_{717} + pe_{718} + pe_{719} + pe_{7110} + pe_{7111} + pe_{7112} + pe_{7113} + pe_{7114} + pe_{7115} +$
 $pe_{726} + pe_{727} + pe_{728} + pe_{729} + pe_{7210} + pe_{7211} + pe_{7212} + pe_{7213} + pe_{7214} + pe_{7215} \leq 10,$
 $\dots u_{74} + pe_{717} + pe_{718} + pe_{719} + pe_{7110} + pe_{7111} + pe_{7112} + pe_{7113} + pe_{7114} + pe_{7115} + pe_{7116} +$
 $pe_{727} + pe_{728} + pe_{729} + pe_{7210} + pe_{7211} + pe_{7212} + pe_{7213} + pe_{7214} + pe_{7215} + pe_{7216} \leq 10,$
 $\dots u_{75} + pe_{718} + pe_{719} + pe_{7110} + pe_{7111} + pe_{7112} + pe_{7113} + pe_{7114} + pe_{7115} + pe_{7116} + pe_{7117} +$
 $pe_{728} + pe_{729} + pe_{7210} + pe_{7211} + pe_{7212} + pe_{7213} + pe_{7214} + pe_{7215} + pe_{7216} + pe_{7217} \leq 10;$

Anhang 4: Ausformuliertes Modell D2 (Arbeitszeitformen mit möglichst vielen zusammenhängenden Freizeittagen und einer Höchstzahl zusammenhängender Arbeitstage)

$\overline{PB}_1 = \overline{PB}_2 = \dots = \overline{PB}_5 = 3, \overline{PB}_6 = \overline{PB}_7 = 4; \overline{PA} = 5; \max. 3 (4) \text{ Freizeittage}$
 pro Arbeitskraft und Woche (wochenübergreifend)

Variablen: $rit \rightarrow \{0, 1\}$ "Arbeitskraft i erhält einen Freizeittag in t ",
 $ciy \rightarrow \{0, 1\}$ "Arbeitskraft i erhält Freizeitkombination y ",

maximize: $f_{11} + f_{12} + f_{13} + f_{14} + f_{15} + f_{16} + f_{17} + f_{21} + f_{22} + f_{23} + f_{24} +$
 $f_{25} + f_{26} + f_{27} + f_{31} + f_{32} + f_{33} + f_{34} + f_{35} + f_{36} + f_{37} + f_{41} +$
 $f_{42} + f_{43} + f_{44} + f_{45} + f_{46} + f_{47} + f_{51} + f_{52} + f_{53} + f_{54} + f_{55} +$
 $f_{56} + f_{57} + 2^*c_{11} + 2^*c_{12} + 2^*c_{13} + 2^*c_{14} + 4^*c_{15} + 8^*c_{16} + 4^*c_{17} + 2^*c_{21} + 2^*c_{22} +$
 $2^*c_{23} + 2^*c_{24} + 4^*c_{25} + 8^*c_{26} + 4^*c_{27} + 2^*c_{31} + 2^*c_{32} + 2^*c_{33} + 2^*c_{34} + 4^*c_{35} + 8^*c_{36} +$
 $4^*c_{37} + 2^*c_{41} + 2^*c_{42} + 2^*c_{43} + 2^*c_{44} + 4^*c_{45} + 8^*c_{46} + 4^*c_{47} + 2^*c_{51} + 2^*c_{52} + 2^*c_{53} +$
 $2^*c_{54} + 4^*c_{55} + 8^*c_{56} + 4^*c_{57}$

"Deckung des Personalbedarfs (D2.1)"

$\dots 5 - f_{11} - f_{21} - f_{31} - f_{41} - f_{51} \geq 3,$
 $\dots 5 - f_{12} - f_{22} - f_{32} - f_{42} - f_{52} \geq 3,$
 $\dots 5 - f_{13} - f_{23} - f_{33} - f_{43} - f_{53} \geq 3,$
 $\dots 5 - f_{14} - f_{24} - f_{34} - f_{44} - f_{54} \geq 3,$
 $\dots 5 - f_{15} - f_{25} - f_{35} - f_{45} - f_{55} \geq 3,$
 $\dots 5 - f_{16} - f_{26} - f_{36} - f_{46} - f_{56} \geq 4,$
 $\dots 5 - f_{17} - f_{27} - f_{37} - f_{47} - f_{57} \geq 4,$

"Mindestzahl Freizeittage pro Planungszeitraum (D2.2)"

$\dots f_{11} + f_{12} + f_{13} + f_{14} + f_{15} + f_{16} + f_{17} + f_{21} + f_{22} + f_{23} + f_{24} + f_{25} + f_{26} + f_{27} +$
 $f_{31} + f_{32} + f_{33} + f_{34} + f_{35} + f_{36} + f_{37} + f_{41} + f_{42} + f_{43} + f_{44} + f_{45} + f_{46} + f_{47} +$
 $f_{51} + f_{52} + f_{53} + f_{54} + f_{55} + f_{56} + f_{57} \geq 10,$

"Begrenzung der Arbeitstage zwischen zwei Freizeittagen (D2.3)"

$\dots f_{11} - f_{12} - f_{13} - f_{14} - f_{15} - f_{16} - f_{17} - f_{21} < 0,$
 $\dots f_{12} - f_{13} - f_{14} - f_{15} - f_{16} - f_{17} - f_{21} - f_{22} < 0,$
 $\dots f_{13} - f_{14} - f_{15} - f_{16} - f_{17} - f_{21} - f_{22} - f_{23} < 0,$
 $\dots f_{14} - f_{15} - f_{16} - f_{17} - f_{21} - f_{22} - f_{23} - f_{24} < 0,$
 $\dots f_{15} - f_{16} - f_{17} - f_{21} - f_{22} - f_{23} - f_{24} - f_{25} < 0,$
 $\dots f_{16} - f_{17} - f_{21} - f_{22} - f_{23} - f_{24} - f_{25} - f_{26} < 0,$
 $\dots f_{17} - f_{21} - f_{22} - f_{23} - f_{24} - f_{25} - f_{26} - f_{27} < 0,$
 $\dots f_{21} - f_{22} - f_{23} - f_{24} - f_{25} - f_{26} - f_{27} - f_{31} < 0,$
 $\dots f_{22} - f_{23} - f_{24} - f_{25} - f_{26} - f_{27} - f_{31} - f_{32} < 0,$
 $\dots f_{23} - f_{24} - f_{25} - f_{26} - f_{27} - f_{31} - f_{32} - f_{33} < 0,$
 $\dots f_{24} - f_{25} - f_{26} - f_{27} - f_{31} - f_{32} - f_{33} - f_{34} < 0,$
 $\dots f_{25} - f_{26} - f_{27} - f_{31} - f_{32} - f_{33} - f_{34} - f_{35} < 0,$
 $\dots f_{26} - f_{27} - f_{31} - f_{32} - f_{33} - f_{34} - f_{35} - f_{36} < 0,$
 $\dots f_{27} - f_{31} - f_{32} - f_{33} - f_{34} - f_{35} - f_{36} - f_{37} < 0,$

$\dots ft31 - ft32 - ft33 - ft34 - ft35 - ft36 - ft37 - ft41 \leq 0,$
 $\dots ft32 - ft33 - ft34 - ft35 - ft36 - ft37 - ft41 - ft42 \leq 0,$
 $\dots ft33 - ft34 - ft35 - ft36 - ft37 - ft41 - ft42 - ft43 \leq 0,$
 $\dots ft34 - ft35 - ft36 - ft37 - ft41 - ft42 - ft43 - ft44 \leq 0,$
 $\dots ft35 - ft36 - ft37 - ft41 - ft42 - ft43 - ft44 - ft45 \leq 0,$
 $\dots ft36 - ft37 - ft41 - ft42 - ft43 - ft44 - ft45 - ft46 \leq 0,$
 $\dots ft37 - ft41 - ft42 - ft43 - ft44 - ft45 - ft46 - ft47 \leq 0,$

 $\dots ft41 - ft42 - ft43 - ft44 - ft45 - ft46 - ft47 - ft51 \leq 0,$
 $\dots ft42 - ft43 - ft44 - ft45 - ft46 - ft47 - ft51 - ft52 \leq 0,$
 $\dots ft43 - ft44 - ft45 - ft46 - ft47 - ft51 - ft52 - ft53 \leq 0,$
 $\dots ft44 - ft45 - ft46 - ft47 - ft51 - ft52 - ft53 - ft54 \leq 0,$
 $\dots ft45 - ft46 - ft47 - ft51 - ft52 - ft53 - ft54 - ft55 \leq 0,$
 $\dots ft46 - ft47 - ft51 - ft52 - ft53 - ft54 - ft55 - ft56 \leq 0,$
 $\dots ft47 - ft51 - ft52 - ft53 - ft54 - ft55 - ft56 - ft57 \leq 0,$

 $\dots ft51 - ft52 - ft53 - ft54 - ft55 - ft56 - ft57 - ft11 \leq 0,$
 $\dots ft52 - ft53 - ft54 - ft55 - ft56 - ft57 - ft11 - ft12 \leq 0,$
 $\dots ft53 - ft54 - ft55 - ft56 - ft57 - ft11 - ft12 - ft13 \leq 0,$
 $\dots ft54 - ft55 - ft56 - ft57 - ft11 - ft12 - ft13 - ft14 \leq 0,$
 $\dots ft55 - ft56 - ft57 - ft11 - ft12 - ft13 - ft14 - ft15 \leq 0,$
 $\dots ft56 - ft57 - ft11 - ft12 - ft13 - ft14 - ft15 - ft16 \leq 0,$
 $\dots ft57 - ft11 - ft12 - ft13 - ft14 - ft15 - ft16 - ft17 \leq 0,$

"Definition der zu bewertenden Freizeitkombinationen (D2.4a) - (D2.4d)"

$\dots ft11 + ft12 - c11 \leq 1,$
 $\dots ft11 + ft12 - 2*c11 \geq 0,$
 $\dots ft12 + ft13 - c12 \leq 1,$
 $\dots ft12 + ft13 - 2*c12 \geq 0,$
 $\dots ft13 + ft14 - c13 \leq 1,$
 $\dots ft13 + ft14 - 2*c13 \geq 0,$
 $\dots ft14 + ft15 - c14 \leq 1,$
 $\dots ft14 + ft15 - 2*c14 \geq 0,$
 $\dots ft15 + ft16 - c15 \leq 1,$
 $\dots ft15 + ft16 - 2*c15 \geq 0,$
 $\dots ft16 + ft17 - c16 \leq 1,$
 $\dots ft16 + ft17 - 2*c16 \geq 0,$
 $\dots ft17 + ft21 - c17 \leq 1,$
 $\dots ft17 + ft21 - 2*c17 \geq 0,$

 $\dots ft21 + ft22 - c21 \leq 1,$
 $\dots ft21 + ft22 - 2*c21 \geq 0,$
 $\dots ft22 + ft23 - c22 \leq 1,$
 $\dots ft22 + ft23 - 2*c22 \geq 0,$
 $\dots ft23 + ft24 - c23 \leq 1,$
 $\dots ft23 + ft24 - 2*c23 \geq 0,$
 $\dots ft24 + ft25 - c24 \leq 1,$
 $\dots ft24 + ft25 - 2*c24 \geq 0,$
 $\dots ft25 + ft26 - c25 \leq 1,$
 $\dots ft25 + ft26 - 2*c25 \geq 0,$
 $\dots ft26 + ft27 - c26 \leq 1,$
 $\dots ft26 + ft27 - 2*c26 \geq 0,$
 $\dots ft27 + ft31 - c27 \leq 1,$
 $\dots ft27 + ft31 - 2*c27 \geq 0,$

 $\dots ft31 + ft32 - c31 \leq 1,$
 $\dots ft31 + ft32 - 2*c31 \geq 0,$
 $\dots ft32 + ft33 - c32 \leq 1,$
 $\dots ft32 + ft33 - 2*c32 \geq 0,$
 $\dots ft33 + ft34 - c33 \leq 1,$
 $\dots ft33 + ft34 - 2*c33 \geq 0,$
 $\dots ft34 + ft35 - c34 \leq 1,$

 $\dots ft34 + ft35 - 2*c34 \geq 0,$
 $\dots ft35 + ft36 - c35 \leq 1,$
 $\dots ft35 + ft36 - 2*c35 \geq 0,$
 $\dots ft36 + ft37 - c36 \leq 1,$
 $\dots ft36 + ft37 - 2*c36 \geq 0,$
 $\dots ft37 + ft41 - c37 \leq 1,$
 $\dots ft37 + ft41 - 2*c37 \geq 0,$

 $\dots ft41 + ft42 - c41 \leq 1,$
 $\dots ft41 + ft42 - 2*c41 \geq 0,$
 $\dots ft42 + ft43 - c42 \leq 1,$
 $\dots ft42 + ft43 - 2*c42 \geq 0,$
 $\dots ft43 + ft44 - c43 \leq 1,$
 $\dots ft43 + ft44 - 2*c43 \geq 0,$
 $\dots ft44 + ft45 - c44 \leq 1,$
 $\dots ft44 + ft45 - 2*c44 \geq 0,$
 $\dots ft45 + ft46 - c45 \leq 1,$
 $\dots ft45 + ft46 - 2*c45 \geq 0,$
 $\dots ft46 + ft47 - c46 \leq 1,$
 $\dots ft46 + ft47 - 2*c46 \geq 0,$
 $\dots ft47 + ft51 - c47 \leq 1,$
 $\dots ft47 + ft51 - 2*c47 \geq 0,$

 $\dots ft51 + ft52 - c51 \leq 1,$
 $\dots ft51 + ft52 - 2*c51 \geq 0,$
 $\dots ft52 + ft53 - c52 \leq 1,$
 $\dots ft52 + ft53 - 2*c52 \geq 0,$
 $\dots ft53 + ft54 - c53 \leq 1,$
 $\dots ft53 + ft54 - 2*c53 \geq 0,$
 $\dots ft54 + ft55 - c54 \leq 1,$
 $\dots ft54 + ft55 - 2*c54 \geq 0,$
 $\dots ft55 + ft56 - c55 \leq 1,$
 $\dots ft55 + ft56 - 2*c55 \geq 0,$
 $\dots ft56 + ft57 - c56 \leq 1,$
 $\dots ft56 + ft57 - 2*c56 \geq 0,$
 $\dots ft57 + ft11 - c57 \leq 1,$
 $\dots ft57 + ft11 - 2*c57 \geq 0,$

"Höchstzahl Freizeittage pro Arbeitskraft und Woche (D2.5)"

.. $f_{11} + f_{12} + f_{13} + f_{14} + f_{15} + f_{16} + f_{17} \leq 3$,
 .. $f_{21} + f_{22} + f_{23} + f_{24} + f_{25} + f_{26} + f_{27} \leq 3$,
 .. $f_{31} + f_{32} + f_{33} + f_{34} + f_{35} + f_{36} + f_{37} \leq 3$,
 .. $f_{41} + f_{42} + f_{43} + f_{44} + f_{45} + f_{46} + f_{47} \leq 3$,
 .. $f_{51} + f_{52} + f_{53} + f_{54} + f_{55} + f_{56} + f_{57} \leq 3$,

"Höchstzahl wochenübergreifender Freizeittage pro Arbeitskraft (D2.6)"

.. $f_{16} + f_{17} + f_{21} + f_{22} \leq 3$,
 .. $f_{26} + f_{27} + f_{31} + f_{32} \leq 3$,
 .. $f_{36} + f_{37} + f_{41} + f_{42} \leq 3$,
 .. $f_{46} + f_{47} + f_{51} + f_{52} \leq 3$,
 .. $f_{56} + f_{57} + f_{11} + f_{12} \leq 3$;

Anhang 5: Ausformuliertes Modell D3 (Arbeitszeitformen mit einer Mindest- und einer Höchstzahl zusammenhängender Arbeitstage)

$$\overline{PB}_1 = \dots = \overline{PB}_5 = 2, \overline{PB}_6 = \overline{PB}_7 = 3; \overline{PA} = 4; z = 1, 2, 3; \bar{f}_1 = 1, \bar{f}_2 = 2, \bar{f}_3 = 3; \underline{g} = 3; \bar{g} = 6.$$

Variablen: f_{itz} -> {0, 1} "Arbeitskraft i erhält Freizeitblock z (z=1,2,3 (1,2,3 Tag(e)), der in t beginnt",

maximize: $31*f_{135} + 31*f_{235} + 31*f_{335} + 31*f_{435} + 31*f_{136} + 31*f_{236} + 31*f_{336} + 31*f_{436} + 15*f_{137} + 15*f_{237} + 15*f_{337} + 15*f_{437} + 15*f_{134} + 15*f_{234} + 15*f_{334} + 15*f_{434} + 7*f_{131} + 7*f_{231} + 7*f_{331} + 7*f_{431} + 7*f_{132} + 7*f_{232} + 7*f_{332} + 7*f_{432} + 7*f_{133} + 7*f_{233} + 7*f_{333} + 7*f_{433} + 31*f_{126} + 31*f_{226} + 31*f_{326} + 31*f_{426} + 15*f_{127} + 15*f_{227} + 15*f_{327} + 15*f_{427} + 15*f_{125} + 15*f_{225} + 15*f_{325} + 15*f_{425} + 3*f_{121} + 3*f_{221} + 3*f_{321} + 3*f_{421} + 3*f_{122} + 3*f_{222} + 3*f_{322} + 3*f_{422} + 3*f_{123} + 3*f_{223} + 3*f_{323} + 3*f_{423} + 3*f_{124} + 3*f_{224} + 3*f_{324} + 3*f_{424} + f_{111} + f_{211} + f_{311} + f_{411} + f_{112} + f_{212} + f_{312} + f_{412} + f_{113} + f_{213} + f_{313} + f_{413} + f_{114} + f_{214} + f_{314} + f_{414} + f_{115} + f_{215} + f_{315} + f_{415} + f_{116} + f_{216} + f_{316} + f_{416} + f_{117} + f_{217} + f_{317} + f_{417}$

"Deckung des Personalbedarfs (D3.1a), (D3.1b)"

.. $4 - f_{111} - f_{121} - f_{131} - f_{127} - f_{136} - f_{137} - f_{211} - f_{221} - f_{231} - f_{227} - f_{236} - f_{237} - f_{311} - f_{321} - f_{331} - f_{327} - f_{336} - f_{337} - f_{411} - f_{421} - f_{431} - f_{427} - f_{436} - f_{437} \geq 2$,
 .. $4 - f_{112} - f_{122} - f_{132} - f_{131} - f_{132} - f_{137} - f_{212} - f_{222} - f_{232} - f_{312} - f_{322} - f_{332} - f_{331} - f_{332} - f_{337} - f_{412} - f_{422} - f_{432} - f_{437} \geq 2$,
 .. $4 - f_{113} - f_{123} - f_{133} - f_{131} - f_{132} - f_{133} - f_{213} - f_{223} - f_{233} - f_{313} - f_{323} - f_{333} - f_{331} - f_{332} - f_{333} - f_{413} - f_{423} - f_{433} - f_{432} - f_{433} \geq 2$,
 .. $4 - f_{114} - f_{124} - f_{134} - f_{132} - f_{133} - f_{134} - f_{214} - f_{224} - f_{234} - f_{314} - f_{324} - f_{334} - f_{332} - f_{333} - f_{334} - f_{414} - f_{424} - f_{434} - f_{432} - f_{433} - f_{434} \geq 2$,
 .. $4 - f_{115} - f_{125} - f_{135} - f_{133} - f_{134} - f_{135} - f_{215} - f_{225} - f_{235} - f_{315} - f_{325} - f_{335} - f_{333} - f_{334} - f_{335} - f_{415} - f_{425} - f_{435} - f_{433} - f_{434} - f_{435} \geq 2$,
 .. $4 - f_{116} - f_{126} - f_{136} - f_{134} - f_{135} - f_{136} - f_{216} - f_{226} - f_{236} - f_{316} - f_{326} - f_{336} - f_{334} - f_{335} - f_{336} - f_{416} - f_{426} - f_{436} - f_{434} - f_{435} - f_{436} \geq 3$,
 .. $4 - f_{117} - f_{127} - f_{137} - f_{135} - f_{136} - f_{137} - f_{217} - f_{227} - f_{237} - f_{317} - f_{327} - f_{337} - f_{335} - f_{336} - f_{337} - f_{417} - f_{427} - f_{437} - f_{435} - f_{436} - f_{437} \geq 3$,

"Mindestzahl Freizeittage pro Planungszeitraum (D3.2)"

.. $f_{111} + f_{112} + f_{113} + f_{114} + f_{115} + f_{116} + f_{117} + 2*f_{121} + 2*f_{122} + 2*f_{123} + 2*f_{124} + 2*f_{125} + 2*f_{126} + 2*f_{127} + 3*f_{131} + 3*f_{132} + 3*f_{133} + 3*f_{134} + 3*f_{135} + 3*f_{136} + 3*f_{137} + f_{211} + f_{212} + f_{213} + f_{214} + f_{215} + f_{216} + f_{217} + 2*f_{221} + 2*f_{222} + 2*f_{223} + 2*f_{224} + 2*f_{225} + 2*f_{226} + 2*f_{227} + 3*f_{231} + 3*f_{232} + 3*f_{233} + 3*f_{234} + 3*f_{235} + 3*f_{236} + 3*f_{237} + f_{311} + f_{312} + f_{313} + f_{314} + f_{315} + f_{316} + f_{317} + 2*f_{321} + 2*f_{322} + 2*f_{323} + 2*f_{324} + 2*f_{325} + 2*f_{326} + 2*f_{327} +$

.. f1424 - f1132 - f1133 - f1134 - f1135 - f1122 - f1123 - f1124 - f1125 - f1112 - f1113 - f1114 - f1115 <= 0,
 .. f1425 - f1133 - f1134 - f1135 - f1136 - f1123 - f1124 - f1125 - f1126 - f1113 - f1114 - f1115 - f1116 <= 0,
 .. f1426 - f1134 - f1135 - f1136 - f1137 - f1124 - f1125 - f1126 - f1127 - f1114 - f1115 - f1116 - f1117 <= 0,
 .. f1427 - f1135 - f1136 - f1137 - f1231 - f1125 - f1126 - f1127 - f1221 - f1115 - f1116 - f1117 - f1211 <= 0,
 .. f1131 - f1137 - f1231 - f1232 - f1233 - f1127 - f1221 - f1222 - f1223 - f1117 - f1211 - f1212 - f1213 <= 0,
 .. f1132 - f1231 - f1232 - f1233 - f1234 - f1221 - f1222 - f1223 - f1224 - f1211 - f1212 - f1213 - f1214 <= 0,
 .. f1133 - f1232 - f1233 - f1234 - f1235 - f1222 - f1223 - f1224 - f1225 - f1212 - f1213 - f1214 - f1215 <= 0,
 .. f1134 - f1233 - f1234 - f1235 - f1236 - f1223 - f1224 - f1225 - f1226 - f1213 - f1214 - f1215 - f1216 <= 0,
 .. f1135 - f1234 - f1235 - f1236 - f1237 - f1224 - f1225 - f1226 - f1227 - f1214 - f1215 - f1216 - f1217 <= 0,
 .. f1136 - f1235 - f1236 - f1237 - f1331 - f1225 - f1226 - f1227 - f1321 - f1215 - f1216 - f1217 - f1311 <= 0,
 .. f1137 - f1236 - f1237 - f1331 - f1332 - f1226 - f1227 - f1321 - f1322 - f1216 - f1217 - f1311 - f1312 <= 0,
 .. f1231 - f1237 - f1331 - f1332 - f1333 - f1227 - f1321 - f1322 - f1323 - f1324 - f1217 - f1311 - f1312 - f1313 <= 0,
 .. f1232 - f1331 - f1332 - f1333 - f1334 - f1321 - f1322 - f1323 - f1324 - f1311 - f1312 - f1313 - f1314 <= 0,
 .. f1233 - f1332 - f1333 - f1334 - f1335 - f1322 - f1323 - f1324 - f1325 - f1312 - f1313 - f1314 - f1315 <= 0,
 .. f1234 - f1333 - f1334 - f1335 - f1336 - f1323 - f1324 - f1325 - f1326 - f1313 - f1314 - f1315 - f1316 <= 0,
 .. f1235 - f1334 - f1335 - f1336 - f1337 - f1324 - f1325 - f1326 - f1327 - f1314 - f1315 - f1316 - f1317 <= 0,
 .. f1236 - f1335 - f1336 - f1337 - f1431 - f1325 - f1326 - f1327 - f1421 - f1315 - f1316 - f1317 - f1411 <= 0,
 .. f1237 - f1336 - f1337 - f1431 - f1432 - f1326 - f1327 - f1421 - f1422 - f1316 - f1317 - f1411 - f1412 <= 0,
 .. f1331 - f1337 - f1431 - f1432 - f1433 - f1327 - f1421 - f1422 - f1423 - f1317 - f1411 - f1412 - f1413 <= 0,
 .. f1332 - f1431 - f1432 - f1433 - f1434 - f1421 - f1422 - f1423 - f1424 - f1411 - f1412 - f1413 - f1414 <= 0,
 .. f1333 - f1432 - f1433 - f1434 - f1435 - f1422 - f1423 - f1424 - f1425 - f1412 - f1413 - f1414 - f1415 <= 0,
 .. f1334 - f1433 - f1434 - f1435 - f1436 - f1423 - f1424 - f1425 - f1426 - f1413 - f1414 - f1415 - f1416 <= 0,
 .. f1335 - f1434 - f1435 - f1436 - f1437 - f1424 - f1425 - f1426 - f1427 - f1414 - f1415 - f1416 - f1417 <= 0,
 .. f1336 - f1435 - f1436 - f1437 - f1131 - f1425 - f1426 - f1427 - f1121 - f1415 - f1416 - f1417 - f1111 <= 0,
 .. f1337 - f1436 - f1437 - f1131 - f1132 - f1426 - f1427 - f1121 - f1122 - f1416 - f1417 - f1111 - f1112 <= 0,
 .. f1431 - f1437 - f1131 - f1132 - f1133 - f1427 - f1121 - f1122 - f1123 - f1417 - f1111 - f1112 - f1113 <= 0,
 .. f1432 - f1131 - f1132 - f1133 - f1134 - f1121 - f1122 - f1123 - f1124 - f1111 - f1112 - f1113 - f1114 <= 0,
 .. f1433 - f1132 - f1133 - f1134 - f1135 - f1122 - f1123 - f1124 - f1125 - f1112 - f1113 - f1114 - f1115 <= 0,
 .. f1434 - f1133 - f1134 - f1135 - f1136 - f1123 - f1124 - f1125 - f1126 - f1113 - f1114 - f1115 - f1116 <= 0,
 .. f1435 - f1134 - f1135 - f1136 - f1137 - f1124 - f1125 - f1126 - f1127 - f1114 - f1115 - f1116 - f1117 <= 0,
 .. f1436 - f1135 - f1136 - f1137 - f1231 - f1125 - f1126 - f1127 - f1221 - f1115 - f1116 - f1117 - f1211 <= 0,
 .. f1437 - f1136 - f1137 - f1231 - f1232 - f1126 - f1127 - f1221 - f1222 - f1116 - f1117 - f1211 - f1212 <= 0,

Ausschluß von Freizeitblöcken während der Dauer gewährter Freizeitblöcke und der Mindestzahl zusammenhängender Arbeitstage (D3.4)

.. 14*f111 + f1121 + f1427 + f1131 + f1436 + f1437 + f1112 + f1113 + f1114 + f1122 + f1123 + f1124 + f1132 +
 f1133 + f1134 <= 14,
 .. 14*f112 + f1122 + f1121 + f1132 + f1437 + f1131 + f1113 + f1114 + f1115 + f1123 + f1124 + f1125 + f1133 +
 f1134 + f1135 <= 14,
 .. 14*f113 + f1123 + f1122 + f1133 + f1131 + f1132 + f1114 + f1115 + f1116 + f1124 + f1125 + f1126 + f1134 +
 f1135 + f1136 <= 14,
 .. 14*f114 + f1124 + f1123 + f1134 + f1132 + f1133 + f1115 + f1116 + f1117 + f1125 + f1126 + f1127 + f1137 + f1135 +
 f1136 + f1137 <= 14,
 .. 14*f115 + f1125 + f1124 + f1135 + f1133 + f1134 + f1116 + f1117 + f1211 + f1126 + f1127 + f1221 + f1136 +
 f1137 + f1231 <= 14,
 .. 14*f116 + f1126 + f1125 + f1136 + f1134 + f1135 + f1117 + f1211 + f1212 + f1127 + f1221 + f1222 + f1137 +
 f1231 + f1232 <= 14,
 .. 14*f117 + f1127 + f1126 + f1137 + f1135 + f1136 + f1211 + f1212 + f1213 + f1221 + f1222 + f1223 + f1231 +
 f1232 + f1233 <= 14,
 .. 14*f121 + f1221 + f1127 + f1231 + f1136 + f1137 + f1212 + f1213 + f1214 + f1222 + f1223 + f1224 + f1232 +
 f1233 + f1234 <= 14,
 .. 14*f122 + f1222 + f1221 + f1232 + f1137 + f1231 + f1213 + f1214 + f1215 + f1223 + f1224 + f1225 + f1233 +
 f1234 + f1235 <= 14,
 .. 14*f123 + f1223 + f1222 + f1233 + f1231 + f1232 + f1214 + f1215 + f1216 + f1224 + f1225 + f1226 + f1234 +
 f1235 + f1236 <= 14,
 .. 14*f124 + f1224 + f1223 + f1234 + f1232 + f1233 + f1215 + f1216 + f1217 + f1225 + f1226 + f1227 + f1235 +
 f1236 + f1237 <= 14,
 .. 14*f125 + f1225 + f1224 + f1235 + f1233 + f1234 + f1216 + f1217 + f1311 + f1226 + f1227 + f1321 + f1236 +
 f1237 + f1331 <= 14,

$\dots 14 * f_{1216} + f_{1226} + f_{1225} + f_{1236} + f_{1234} + f_{1235} + f_{1217} + f_{1311} + f_{1312} + f_{1227} + f_{1321} + f_{1322} + f_{1237} + f_{1331} + f_{1332} \leq 14,$
 $\dots 14 * f_{1217} + f_{1227} + f_{1226} + f_{1237} + f_{1235} + f_{1236} + f_{1311} + f_{1312} + f_{1313} + f_{1321} + f_{1322} + f_{1323} + f_{1331} + f_{1332} + f_{1333} \leq 14,$
 $\dots 14 * f_{1311} + f_{1321} + f_{1227} + f_{1331} + f_{1236} + f_{1237} + f_{1312} + f_{1313} + f_{1314} + f_{1322} + f_{1323} + f_{1324} + f_{1332} + f_{1333} + f_{1334} \leq 14,$
 $\dots 14 * f_{1312} + f_{1322} + f_{1321} + f_{1332} + f_{1237} + f_{1331} + f_{1313} + f_{1314} + f_{1315} + f_{1323} + f_{1324} + f_{1325} + f_{1333} + f_{1334} \leq 14,$
 $\dots 14 * f_{1313} + f_{1323} + f_{1322} + f_{1333} + f_{1331} + f_{1332} + f_{1314} + f_{1315} + f_{1316} + f_{1324} + f_{1325} + f_{1326} + f_{1334} + f_{1335} + f_{1336} \leq 14,$
 $\dots 14 * f_{1314} + f_{1324} + f_{1323} + f_{1334} + f_{1332} + f_{1333} + f_{1315} + f_{1316} + f_{1317} + f_{1325} + f_{1326} + f_{1327} + f_{1335} + f_{1336} + f_{1337} \leq 14,$
 $\dots 14 * f_{1315} + f_{1325} + f_{1324} + f_{1335} + f_{1333} + f_{1334} + f_{1316} + f_{1317} + f_{1411} + f_{1326} + f_{1327} + f_{1421} + f_{1336} + f_{1337} + f_{1431} \leq 14,$
 $\dots 14 * f_{1316} + f_{1326} + f_{1325} + f_{1336} + f_{1334} + f_{1335} + f_{1317} + f_{1411} + f_{1412} + f_{1327} + f_{1421} + f_{1422} + f_{1337} + f_{1423} + f_{1432} \leq 14,$
 $\dots 14 * f_{1317} + f_{1327} + f_{1326} + f_{1337} + f_{1335} + f_{1336} + f_{1411} + f_{1412} + f_{1413} + f_{1421} + f_{1422} + f_{1423} + f_{1431} + f_{1432} + f_{1433} \leq 14,$
 $\dots 14 * f_{1411} + f_{1421} + f_{1327} + f_{1431} + f_{1336} + f_{1337} + f_{1412} + f_{1413} + f_{1414} + f_{1422} + f_{1423} + f_{1424} + f_{1432} + f_{1433} + f_{1434} \leq 14,$
 $\dots 14 * f_{1412} + f_{1422} + f_{1421} + f_{1432} + f_{1337} + f_{1431} + f_{1413} + f_{1414} + f_{1415} + f_{1423} + f_{1424} + f_{1425} + f_{1433} + f_{1434} + f_{1435} \leq 14,$
 $\dots 14 * f_{1413} + f_{1423} + f_{1422} + f_{1433} + f_{1431} + f_{1432} + f_{1414} + f_{1415} + f_{1416} + f_{1424} + f_{1425} + f_{1426} + f_{1434} + f_{1435} + f_{1436} \leq 14,$
 $\dots 14 * f_{1414} + f_{1424} + f_{1423} + f_{1434} + f_{1432} + f_{1433} + f_{1415} + f_{1416} + f_{1417} + f_{1425} + f_{1426} + f_{1427} + f_{1435} + f_{1436} + f_{1437} \leq 14,$
 $\dots 14 * f_{1415} + f_{1425} + f_{1424} + f_{1435} + f_{1433} + f_{1434} + f_{1416} + f_{1417} + f_{1111} + f_{1426} + f_{1427} + f_{1121} + f_{1436} + f_{1437} + f_{1131} \leq 14,$
 $\dots 14 * f_{1416} + f_{1426} + f_{1425} + f_{1436} + f_{1434} + f_{1435} + f_{1417} + f_{1111} + f_{1112} + f_{1427} + f_{1121} + f_{1122} + f_{1437} + f_{1131} + f_{1132} \leq 14,$
 $\dots 14 * f_{1417} + f_{1427} + f_{1426} + f_{1437} + f_{1435} + f_{1436} + f_{1111} + f_{1112} + f_{1113} + f_{1121} + f_{1122} + f_{1123} + f_{1131} + f_{1132} + f_{1133} \leq 14,$
 $\dots 17 * f_{1121} + f_{1111} + f_{1112} + f_{1122} + f_{1427} + f_{1131} + f_{1132} + f_{1436} + f_{1437} + f_{1113} + f_{1114} + f_{1115} + f_{1123} + f_{1124} + f_{1125} + f_{1133} + f_{1134} + f_{1135} \leq 17,$
 $\dots 17 * f_{1122} + f_{1112} + f_{1113} + f_{1121} + f_{1123} + f_{1131} + f_{1132} + f_{1133} + f_{1437} + f_{1114} + f_{1115} + f_{1116} + f_{1124} + f_{1125} + f_{1126} + f_{1134} + f_{1135} + f_{1136} \leq 17,$
 $\dots 17 * f_{1123} + f_{1113} + f_{1114} + f_{1122} + f_{1124} + f_{1131} + f_{1132} + f_{1133} + f_{1134} + f_{1115} + f_{1116} + f_{1117} + f_{1125} + f_{1126} + f_{1127} + f_{1135} + f_{1136} + f_{1137} \leq 17,$
 $\dots 17 * f_{1124} + f_{1114} + f_{1115} + f_{1123} + f_{1125} + f_{1132} + f_{1133} + f_{1134} + f_{1135} + f_{1116} + f_{1117} + f_{1211} + f_{1126} + f_{1127} + f_{1221} + f_{1136} + f_{1137} + f_{1231} \leq 17,$
 $\dots 17 * f_{1125} + f_{1115} + f_{1116} + f_{1124} + f_{1126} + f_{1133} + f_{1134} + f_{1135} + f_{1136} + f_{1117} + f_{1211} + f_{1212} + f_{1127} + f_{1128} + f_{1221} + f_{1222} + f_{1137} + f_{1231} + f_{1232} \leq 17,$
 $\dots 17 * f_{1126} + f_{1116} + f_{1117} + f_{1125} + f_{1127} + f_{1134} + f_{1135} + f_{1136} + f_{1137} + f_{1211} + f_{1212} + f_{1213} + f_{1221} + f_{1222} + f_{1223} \leq 17,$
 $\dots 17 * f_{1127} + f_{1117} + f_{1211} + f_{1126} + f_{1221} + f_{1135} + f_{1136} + f_{1137} + f_{1231} + f_{1212} + f_{1213} + f_{1214} + f_{1221} + f_{1222} + f_{1223} + f_{1232} + f_{1233} + f_{1234} \leq 17,$
 $\dots 17 * f_{1221} + f_{1211} + f_{1212} + f_{1222} + f_{1127} + f_{1231} + f_{1232} + f_{1136} + f_{1137} + f_{1213} + f_{1214} + f_{1215} + f_{1223} + f_{1224} + f_{1225} + f_{1233} + f_{1234} + f_{1235} \leq 17,$
 $\dots 17 * f_{1222} + f_{1212} + f_{1213} + f_{1221} + f_{1223} + f_{1231} + f_{1232} + f_{1233} + f_{1137} + f_{1214} + f_{1215} + f_{1216} + f_{1224} + f_{1225} + f_{1226} + f_{1234} + f_{1235} + f_{1236} \leq 17,$
 $\dots 17 * f_{1223} + f_{1213} + f_{1214} + f_{1222} + f_{1224} + f_{1231} + f_{1232} + f_{1233} + f_{1234} + f_{1215} + f_{1216} + f_{1217} + f_{1225} + f_{1226} + f_{1227} + f_{1235} + f_{1236} + f_{1237} \leq 17,$
 $\dots 17 * f_{1224} + f_{1214} + f_{1215} + f_{1223} + f_{1225} + f_{1232} + f_{1233} + f_{1234} + f_{1235} + f_{1216} + f_{1217} + f_{1311} + f_{1226} + f_{1227} + f_{1321} + f_{1236} + f_{1237} + f_{1331} \leq 17,$
 $\dots 17 * f_{1225} + f_{1215} + f_{1216} + f_{1224} + f_{1226} + f_{1233} + f_{1234} + f_{1235} + f_{1236} + f_{1217} + f_{1311} + f_{1312} + f_{1227} + f_{1321} + f_{1322} + f_{1237} + f_{1331} + f_{1332} \leq 17,$
 $\dots 17 * f_{1226} + f_{1216} + f_{1217} + f_{1225} + f_{1227} + f_{1234} + f_{1235} + f_{1236} + f_{1237} + f_{1311} + f_{1312} + f_{1313} + f_{1321} + f_{1322} + f_{1323} + f_{1331} + f_{1332} + f_{1333} \leq 17,$

$\dots 20 \cdot f_{331} + f_{311} + f_{312} + f_{313} + f_{227} + f_{321} + f_{322} + f_{323} + f_{336} + f_{237} + f_{332} + f_{333} + f_{314} +$
 $f_{315} + f_{316} + f_{324} + f_{325} + f_{326} + f_{334} + f_{335} + f_{336} \leq 20,$
 $\dots 20 \cdot f_{332} + f_{312} + f_{313} + f_{314} + f_{321} + f_{322} + f_{323} + f_{324} + f_{337} + f_{331} + f_{333} + f_{334} + f_{315} +$
 $f_{316} + f_{317} + f_{325} + f_{326} + f_{327} + f_{335} + f_{336} + f_{337} \leq 20,$
 $\dots 20 \cdot f_{333} + f_{313} + f_{314} + f_{315} + f_{322} + f_{323} + f_{324} + f_{325} + f_{331} + f_{332} + f_{334} + f_{335} + f_{316} +$
 $f_{317} + f_{411} + f_{326} + f_{327} + f_{421} + f_{336} + f_{337} + f_{431} \leq 20,$
 $\dots 20 \cdot f_{334} + f_{314} + f_{315} + f_{316} + f_{323} + f_{324} + f_{325} + f_{326} + f_{332} + f_{333} + f_{335} + f_{336} + f_{317} +$
 $f_{411} + f_{412} + f_{327} + f_{421} + f_{422} + f_{337} + f_{431} + f_{432} \leq 20,$
 $\dots 20 \cdot f_{335} + f_{315} + f_{316} + f_{317} + f_{324} + f_{325} + f_{326} + f_{327} + f_{333} + f_{334} + f_{336} + f_{337} + f_{411} +$
 $f_{412} + f_{413} + f_{421} + f_{422} + f_{423} + f_{431} + f_{432} + f_{433} \leq 20,$
 $\dots 20 \cdot f_{336} + f_{316} + f_{317} + f_{411} + f_{325} + f_{326} + f_{327} + f_{421} + f_{334} + f_{335} + f_{337} + f_{431} + f_{412} +$
 $f_{413} + f_{414} + f_{422} + f_{423} + f_{424} + f_{432} + f_{433} + f_{434} \leq 20,$
 $\dots 20 \cdot f_{337} + f_{317} + f_{411} + f_{412} + f_{326} + f_{327} + f_{421} + f_{422} + f_{335} + f_{336} + f_{431} + f_{432} + f_{413} +$
 $f_{414} + f_{415} + f_{423} + f_{424} + f_{425} + f_{433} + f_{434} + f_{435} \leq 20,$
 $\dots 20 \cdot f_{431} + f_{411} + f_{412} + f_{413} + f_{327} + f_{421} + f_{422} + f_{423} + f_{436} + f_{337} + f_{432} + f_{433} + f_{414} +$
 $f_{415} + f_{416} + f_{424} + f_{425} + f_{426} + f_{434} + f_{435} + f_{436} \leq 20,$
 $\dots 20 \cdot f_{432} + f_{412} + f_{413} + f_{414} + f_{421} + f_{422} + f_{423} + f_{424} + f_{437} + f_{431} + f_{433} + f_{434} + f_{415} +$
 $f_{416} + f_{417} + f_{425} + f_{426} + f_{427} + f_{435} + f_{436} + f_{437} \leq 20,$
 $\dots 20 \cdot f_{433} + f_{413} + f_{414} + f_{415} + f_{422} + f_{423} + f_{424} + f_{425} + f_{431} + f_{432} + f_{434} + f_{435} + f_{416} +$
 $f_{417} + f_{111} + f_{426} + f_{427} + f_{121} + f_{436} + f_{437} + f_{131} \leq 20,$
 $\dots 20 \cdot f_{434} + f_{414} + f_{415} + f_{416} + f_{423} + f_{424} + f_{425} + f_{426} + f_{432} + f_{433} + f_{435} + f_{436} + f_{417} +$
 $f_{111} + f_{112} + f_{427} + f_{121} + f_{122} + f_{437} + f_{131} + f_{132} \leq 20,$
 $\dots 20 \cdot f_{435} + f_{415} + f_{416} + f_{417} + f_{424} + f_{425} + f_{426} + f_{427} + f_{433} + f_{434} + f_{436} + f_{437} + f_{111} +$
 $f_{112} + f_{113} + f_{121} + f_{122} + f_{123} + f_{131} + f_{132} + f_{133} \leq 20,$
 $\dots 20 \cdot f_{436} + f_{416} + f_{417} + f_{111} + f_{425} + f_{426} + f_{427} + f_{121} + f_{434} + f_{435} + f_{437} + f_{131} + f_{112} +$
 $f_{113} + f_{114} + f_{122} + f_{123} + f_{124} + f_{132} + f_{133} + f_{134} \leq 20,$
 $\dots 20 \cdot f_{437} + f_{417} + f_{111} + f_{112} + f_{426} + f_{427} + f_{121} + f_{122} + f_{435} + f_{436} + f_{131} + f_{132} + f_{113} +$
 $f_{114} + f_{115} + f_{123} + f_{124} + f_{125} + f_{133} + f_{134} + f_{135} \leq 20;$

Literaturverzeichnis

- Adam, A. (1959): Messen und Regeln in der Betriebswirtschaft. Würzburg.
- Adomeit, Klaus (1996): Regelungen von Arbeitsbedingungen und ökonomische Notwendigkeiten. Eine Untersuchung zu aktuellen Fragen des deutschen Tarifrechts. München/Landsberg am Lech.
- ADtranz (1997) Betriebsvereinbarung zwischen der ABB Daimler-Benz Transportation (Deutschland) GmbH, Betrieb Kassel und dem Betriebsrat, Standort Kassel über die „Einrichtung von Arbeitszeitkonten“. Kassel.
- Ahlheim, Karl-Heinz (1983): Meyers Taschenlexikon Biologie. Mannheim/Wien/Zürich
- Albers, Sonke (1977): Einsatzplanung von Flugzeugbesatzungen. Diss. Hamburg.
- Alt, Herwig (1993): Der Drager-Langzeit-Freizeitspeicher. in: Marr, Rainer (Hrsg.): Arbeitszeitmanagement. Grundlagen und Perspektiven der Gestaltung flexibler Arbeitszeitsysteme. 2. Aufl. Berlin. S. 453 - 458.
- Anzinger, Rudolf (1994): Neues Arbeitszeitgesetz in Kraft getreten. in: Betriebs-Berater. 49. Jg. H. 21. S. 1492 - 1498.
- Anzinger, Rudolf (1994a): Das neue Arbeitszeitgesetz. in: Der Betrieb. 47. Jg. H. 21. S. 1082 - 1086.
- Aykin, Turgut (1996): Optimal Shift Scheduling with Multiple Break Windows. in: Management Science. Vol. 42. April 1996. S. 591 - 602.
- Babl, Monika (1988): Die arbeits- und sozialrechtlichen Fragen bei ausgewählten Formen flexibler Arbeitszeit. Diss. Konstanz.
- Backes-Gellner, Uschi (1996): Personalwirtschaftslehre - eine ökonomische Disziplin?!. in: Weber, Wolfgang (Hrsg.): Grundlagen der Personalwirtschaft. Theorien und Konzepte. Wiesbaden. S. 297 - 315.
- Bahrdt, Hans Paul (1985). Schlüsselbegriffe der Soziologie. 2. Aufl. München.
- Bailey, James (1985): Integrated Days Off and Shift Personnel Scheduling. in: Computers and Industrial Engineering Vol. 9. No. 4. S. 395 - 404.
- Bailey, James/Field, John (1985): Personnel Scheduling with Flexshift Models. in: Journal of Operations Management. Vol. 5 No. 3. S. 327 - 338.
- Baillod, Jürg (1993): Gleitende Arbeitszeit. in: Baillod, Jürg u.a. (Hrsg.): Handbuch Arbeitszeit. 2. Aufl. Zürich. S. 171 - 196
- Baillod, Jürg (1993a). Schicht- und Nachtarbeit. in: Baillod, Jürg u.a. (Hrsg.): Handbuch Arbeitszeit. 2. Aufl. Zürich. S. 199 - 229.
- Baillod, Jürg (1993b): Erfahrungen mit Teilzeitarbeit. Die Perspektive der direkten Vorgesetzten. Bern.
- Baillod, Jürg u.a. (1997). Zeitwende Arbeitszeit. Wie Unternehmen die Arbeitszeit flexibilisieren. Zürich.
- Baker, Kenneth R. (1974): Scheduling a Full-Time Workforce to meet Cyclic Staffing Requirements in: Management Science. Vol. 20. No. 12. S. 1561 - 1568.
- Baker, Kenneth R. (1976): Workforce Allocation in Cyclical Scheduling Problems. A Survey. in: Operations Research Quarterly. Vol. 27. No. 1. S. 155 - 167.
- Baker, Kenneth R./Burns, Richard N./Carter, Michael (1979): Staff Scheduling with Day-Off and Workstretch Constraints. in: AIIE Transactions. Vol. 11. No. 4. S. 286 - 292.

- Baker, Kenneth R./Crabil, Thomas B./Magazine, Michael J. (1973). An Optimal Procedure for Allocation Manpower with Cyclic Requirements. in: *AIEE Transactions*. Vol. 5. No. 2. S. 119 - 126.
- Bartholdi, John J. (1981): A Guaranteed-Accuracy Round-off Algorithm for Cyclic Scheduling and Set Covering. in: *Operations Research*. Vol. 29. No. 3. S. 501 - 510.
- Bartholdi, John J./Ratliff, Donald H. (1978): Unnetworks, With Applications to Idle Time Scheduling. in: *Management Science*. Vol. 24. No. 8. S. 850 - 858.
- Bauer, Frank/Groß, Hermann/Schilling, Gabi (1994): *Arbeitszeit '93 Arbeitszeiten, Arbeitszeitwünsche, Zeitbewirtschaftung und Arbeitszeitgestaltungschancen von abhängig Beschäftigten*. Köln.
- Baxter, John/Mosby, Mark (1988): Generating Acceptable Shift-working Schedules. in: *Journal of the Operational Research Society*. Vol. 39. No. 6. S. 537 - 541.
- Bechtold, Stephen E. (1988): Implicit Optimal and Heuristic Labor Staffing in a Multiobjective, Multilocation Environment. in: *Decision Sciences*. Vol. 19. S. 353 - 372.
- Bechtold, Stephen E./Brusco, Michael J. (1994): Working set generation methods for labor tour scheduling. in: *European Journal of Operational Research*. 74. S. 540 - 551.
- Bechtold, Stephen E./Brusco, Michael J. (1994a): A microcomputer-based heuristic for tour scheduling of a mixed workforce. in: *Computers and Operations Research*. Vol. 21. No. 9. S. 1001 - 1009.
- Bechtold, Stephen E./Brusco, Michael J./Showalter, Michael J. (1991): A Comparative Evaluation for Labor Tour Scheduling Methods. in: *Decision Sciences*. Vol. 22. S. 683 - 699.
- Bechtold, Stephen E./Jacobs, Larry W. (1990): Implicit Modeling of Flexible Break Assignments in Optimal Shift Scheduling. in: *Management Science*. Vol. 36. No. 11. S. 1339 - 1350.
- Bechtold, Stephen E./Jacobs, Larry W. (1991): Improvement of Labour Utilisation in Shift Scheduling for Services with Implicit Optimal Modeling. in: *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 11. No. 2. S. 54 - 69.
- Bechtold, Stephen E./Showalter, Michael J. (1987): A Methodology for Labor Scheduling in a Service Operating System. in: *Decision Sciences*. Vol. 18. S. 89 - 107.
- Beck, Stefan (1992): Zeit zur falschen Zeit. Veränderung von Zeitstrukturen und Zeitumgang durch vollkontinuierliche Schichtsysteme. in: *Forschungsinstitut für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung (Hrsg.): Technik, Öffentlichkeit und Verantwortung*. Ulm S. 81 - 91.
- Bellgardt, Peter (1990): Ansatzmöglichkeiten des Arbeitszeit- und Betriebszeitmanagements. in: *Ackermann, Karl-Friedrich/Hofmann, Matthias (Hrsg.): Innovatives Arbeitszeit- und Betriebszeitmanagement*. Frankfurt am Main/New York. S. 85 - 104.
- Berman, Oded/Larson, Richard C./Pinker, Edieal (1997): Scheduling Workforce and Workflow in a High Volume Factory. in: *Management Science*. Vol. 43. No. 2. S. 158 - 172.
- Berthel, Jürgen (1973): Zielorientierte Unternehmenssteuerung. Die Formulierung operationaler Zielsysteme. Stuttgart.
- Berthel, Jürgen (1974): Strukturierung und Operationalisierung von Zielsystemen in der Unternehmung in: *Wild, Jürgen (Hrsg.): Unternehmensführung*. Festschrift für Erich Kosiol zu seinem 75. Geburtstag. Berlin. S. 375 - 408.
- Betge, Peter (1991): *Investitionsplanung. Methoden - Modelle - Anwendungen*. Wiesbaden.
- Beyer, Horst-Tilo (1981) *Determinanten des Personalbedarfs*. Bern/Stuttgart.
- Beyer, Horst-Tilo (1986): *Betriebliche Arbeitszeitflexibilisierung: zwischen Utopie und Realität*. München

- Beyer, Horst-Tilo (1992): Arbeitszeitmodelle. in: Gaugler, Eduard/Weber, Wolfgang (Hrsg.): Handwörterbuch des Personalwesens. 2. Aufl. Stuttgart. Sp. 458 - 471.
- Bianco, Lucio et al. (1992). A heuristic procedure for the crew rostering problem. in: European Journal of Operational Research. 58 S. 272 - 283.
- Bidlingmaier, Johannes (1964): Unternehmerziele und Unternehmerstrategien. Wiesbaden.
- Bidlingmaier, Johannes (1968): Zielkonflikte und Zielkompromisse im unternehmerischen Entscheidungsprozeß. Wiesbaden.
- Biehl, Gerhard/Berghahn, Angela/Theunert, Manfred (1995): Das Arbeitszeitmodell BMW - Werk Regensburg. in: Wagner, Dieter (Hrsg.): Arbeitszeitmodelle. Flexibilisierung und Individualisierung. Göttingen. S. 183 - 205.
- Bielenski, Harald (1994): Beschäftigungsförderung durch befristete Arbeitsverträge?. in: Arbeit und Arbeitsrecht. 49. Jg. H 6. S. 161 - 164.
- Bisani, Fritz (1992): Personalbeschaffung und Personalbeschaffungsplanung. in: Gaugler, Eduard/Weber, Wolfgang (Hrsg.): Handwörterbuch des Personalwesens. 2. Aufl. Stuttgart. Sp. 1619 - 1631.
- Bispinck, Reinhard (1993): Das Märchen vom starren Arbeitszeitkorsett. Zum Flexibilitätspotential tariflicher Arbeitszeitregelungen. in: Seifert, Hartmut (Hrsg.): Jenseits der Normalarbeitszeit. Perspektiven für eine bedürfnisgerechtere Arbeitszeitgestaltung. Köln. S. 80 - 103.
- Bispinck, Reinhard (1996): Zeitfragen - Streitfragen. Zur Entwicklung der kollektiven Regulierung von Arbeitszeit. in: WSI Mitteilungen 49. Jg. H 7. S. 414 - 422.
- Bispinck, Reinhard/WSI-Tarifarchiv (1996): Immer kürzer - und immer flexibler. Tarifliche Regelungen zur Arbeitszeit und ihrer Gestaltung. Eine Analyse von 68 Tarifbereichen. Elemente qualitativer Tarifpolitik Nr. 23. Düsseldorf.
- Bitz, Michael (1977): Strukturierung ökonomischer Entscheidungsmodelle. Wiesbaden.
- Bitz, Michael (1981): Entscheidungstheorie. München.
- Bitzer, Marc Robert (1991): Zeitbasierte Wettbewerbsstrategien. Gießen.
- Blazewicz, Jacek et al. (1994): Scheduling in Computer and Manufacturing Systems. 2. Aufl. Berlin u.a.
- Bockel, Eberhard (1991): Teilzeit-Arbeitsverträge. 5. Aufl. Planegg/München.
- Böckle, Ferdinand (1979): Flexible Arbeitszeit im Produktionsbereich. Möglichkeiten und Grenzen der Modifizierung von Arbeitszeitstrukturen im industriellen Produktionsbereich unter besonderer Berücksichtigung der zeitlichen Bindung von Fertigungsabläufen. Frankfurt am Main/Bern/Las Vegas.
- Bolle, Michael/Fischer, Ulrike/Strümpel, Burkhard (1982): Analytische und empirische Aspekte der Arbeitszeitgestaltung auf betrieblicher und überbetrieblicher Ebene. München.
- Bomze, Immanuel M/Grossmann, Wilfried (1993): Optimierung - Theorie und Algorithmen. Eine Einführung in Operations Research für Wirtschaftsinformatiker. Mannheim u.a.
- Booler, J.M.P. (1975): A Method for Solving Crew Scheduling Problems. in: Operational Research Quarterly. Vol. 26. No. 1. S. 55 - 62.
- Braun, Gunther (1989): Zeitliche Analyse und Planung. in: Szyperki, Norbert (Hrsg.): Handwörterbuch der Planung. Stuttgart. Sp. 2249 - 2257.
- Braun, Hans-Jürgen (1995): Ein unscharfes Planungsverfahren zur mittelfristigen Personalkapazitätsanpassung für die bedarfsorientierte Serienproduktion. IPA-IAO Forschung und Praxis. Band 205 (hrsg. v. H. J. Warnecke, H.-J. Bullinger). Berlin u.a.

- Brendle, Gebhard (1990): Die gleitende Arbeitszeit als Instrument des Arbeits- und Betriebszeitmanagements. in: Ackermann, Karl-Friedrich/Hofmann, Matthias (Hrsg.): Innovatives Arbeitszeit- und Betriebszeitmanagement. Frankfurt am Main/New York. S. 115 - 136.
- Bretzke, Wolf-Rüdiger (1980): Der Problembezug von Entscheidungsmodellen. Habil. Tübingen.
- Bröckermann, Reiner (1997): Personalwirtschaft. Arbeitsbuch für das praxisorientierte Studium. Köln.
- Brockhaus (1989): Naturwissenschaft und Technik. Sonderausgabe. Bd. 5. Mannheim.
- Brownell, William S./Lowerre, James M. (1976): Scheduling of Work Forces Required in Continuous Operations Under Alternativ Labor Policies. in: Management Science. Vol. 22. No. 5. S. 597 - 605.
- Brox, Hans/Rüthers, Bernd (1995): Arbeitsrecht. 12. Aufl. Stuttgart/Berlin/Köln.
- Brucker, Peter (1981): Scheduling. Wiesbaden.
- Brucker, Peter (1995): Scheduling Algorithms. Berlin u.a.
- Brusco, Michael J. et.al. (1995): Improving Personnel Scheduling at Airline Stations. in: Operations Research. Vol. 43. No. 5. S. 741 - 751.
- Brusco, Michael J./Jacobs, Larry W. (1993): A Simulated Annealing Approach to Cyclic Staff-Scheduling Problems. in: Naval Research Logistics. Vol. 40. S. 69 - 84.
- Brusco, Michael J./Jacobs, Larry W. (1993a): A Simulated Annealing Approach to the Solution of Flexible Labour Scheduling Problems. in: Journal of the Operational Research Society. Vol. 44. No. 12. S. 1191 - 1200.
- Bryant, Don R./Maggard, Michael J./Taylor, Robert P. (1973) Manpower Planning Models and Techniques. A descriptive survey. in: Business Horizons. April. S. 69 - 78.
- Büchtemann, Christoph F. (1990): Kündigungsschutz als Beschäftigungshemmnis?. Empirische Evidenz für die Bundesrepublik Deutschland. in: Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung. 23. Jg. H. 3. S. 394 - 409.
- Buffa, Elwood S./Cosgrove, Michael J./Luce, Bill J. (1976): An Integrated Work Shift Scheduling System in: Decision Sciences. Vol. 7. S. 620 - 630.
- Bullinger, Hans-Jörg (1990): Flexibilisierung der Arbeitszeiten aus der Sicht von Produktion und Personal. in: Zahn, Erich (Hrsg.): Organisationsstrategie und Produktion. Forschungsbericht 2 der Hochschulgruppe Arbeits- und Betriebsorganisation HAB e.V. München. S. 179 - 212.
- Bundesarbeitgeberverband Chemie e.V. (1997): Manteltarifvertrag für die Chemische Industrie vom 24. Juni 1992 in der Fassung vom 19. Dezember 1996. Frankfurt/Main.
- Bundesarbeitsgericht (1956): Beschluß vom 10.11.1955 - 2 AZR 591/54 zu §611 BGB Beschäftigungspflicht. in: Arbeitsrechtliche Praxis. H. 3. Bl. 118 - 120.
- Bundesarbeitsgericht (1985): Beschluß vom 12.12.1984 - 7 AZR 509/83. Leistungsbestimmungsrecht des Arbeitgebers zu Umfang und Dauer der Arbeitszeit - Teilzeitarbeitnehmer. in: Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände (Hrsg.): Sammlung Arbeitsrechtlicher Entscheidungen (SAE). 39. Jg. H. 8. S. 357 - 362.
- Bundesarbeitsgericht (1987): Beschluß vom 24.2.1987 - 1 ABR 18/85. Mitbestimmung bei tarifüblicher Regelung. in: Neue Zeitschrift für Arbeitsrecht. 5. Jg. H. 18. S. 639 - 642.
- Bundesarbeitsgericht (1992): Beschluß vom 20.8.1991 - 1 ABR 85/90. Abschluß tarifwidriger Betriebsvereinbarungen. in: Neue Zeitschrift für Arbeitsrecht. 9. Jg. H. 7. S. 317 - 321.
- Bundesarbeitsgericht (1992a): Beschluß vom 3.12.1991 - GS 2/90. Mitbestimmung - Anrechnung übertariflicher Zulage. in: Neue Zeitschrift für Arbeitsrecht. 9. Jg. H. 16. S. 749 - 759.

- Bundesarbeitsgericht (1993): Beschluß vom 23.6.1992 - 1 ABR 9/92. Verpflichtung zur Eingruppierung - Verweisung auf den Tarifvertrag. in: Neue Zeitschrift für Arbeitsrecht. 10. Jg. H. 5. S. 229 - 231.
- Bundesarbeitsgericht (1997): 6. Senat. Urteil vom 25.7.1996 - 6 AZR 138/94 zu § 35 BAT. in: Arbeitsrechtliche Praxis. H. 3. Bl. 422 - 426.
- Bundesminister der Justiz (1985): Bundesgesetzblatt. Teil 1. Jg. 1985. Nr. 21. Beschäftigungsförderungsgesetz 1985 (BeschFG 1985). Bonn. S. 710 - 717.
- Bundesminister der Justiz (1989): Bundesgesetzblatt. Teil 1. Jg. 1989. Nr. 61. Gesetz zur Verlängerung beschäftigungsfördernder Vorschriften (Beschäftigungsförderungsgesetz 1990). Bonn. S. 2406 - 2407.
- Bundesminister der Justiz (1990): Bundesgesetzblatt. Teil 2. Jg. 1990. Nr. 35. Vertrag zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Deutschen Demokratischen Republik über die Herstellung der Einheit Deutschlands - Einigungsvertrag. Bonn. S. 889 - 904.
- Bundesminister der Justiz (1994): Bundesgesetzblatt. Teil 1. Jg. 1994. Nr. 48. Beschäftigungsförderungsgesetz 1994 (BeschFG 1994). Bonn. S. 1786 - 1791.
- Bundesminister der Justiz (1996): Bundesgesetzblatt. Teil 1. Jg. 1996. Nr. 48. Arbeitsrechtliches Gesetz zur Förderung von Wachstum und Beschäftigung (Arbeitsrechtliches Beschäftigungsförderungsgesetz). Bonn. S. 1476 - 1479.
- Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände (1996): Altersteilzeit - Neuer Weg in den Ruhestand. Dokumentation der Fachtagung am 1. Juli 1996. Köln.
- Burgbacher, H.G./Hartwig, M./Liebau, E. (1989): Zur Empirie befristeter Arbeitsverträge. Eine Untersuchung in kleinen und mittleren Unternehmen. in: Zeitschrift für Sozialpolitik. 38. Jg. H. 4. S. 101 - 104.
- Burkard, Rainer E. (1989): Ganzzahlige Optimierung. in: Gal, Tomas (Hrsg.): Grundlagen des Operations Research. Band 2. 2. Aufl. Berlin u.a. S. 361 - 444.
- Burns, R.N. (1978): Manpower Scheduling with Variable Demands and Alternate Weekends-Off. in: INFOR. Vol. 16. No. 2. S. 101 - 111.
- Burns, R.N./Carter, M.W. (1985): Work Force Size and Single Shift Schedules with Variable Demands. in: Management Science. Vol. 31. No. 5. S. 599 - 607.
- Burns, R.N./Koop, G.J. (1987): A Modular Approach to Optimal Multiple-Shift Manpower Scheduling. in: Operations Research. Vol. 35. No. 1. S. 100 - 110.
- Buse, Manfred/Hempel, Volker (1998): Von Einheitsregelungen zum Wahlmodell. in: Personalwirtschaft. 25. Jg. H. 4. S. 52 - 56
- Bussing, André (1995): Autonomie und Flexibilität in der Arbeitszeitgestaltung. in: Bussing, André/Seifert, Hartmut (Hrsg.): Sozialverträgliche Arbeitszeitgestaltung. München/Mering. S. 81 - 102.
- Carraresi, P./Gallo, G. (1984): Network Models for Vehicle and Crew Scheduling. in: European Journal of Operational Research. 16. S. 139 - 151.
- Cerulli, R./Gaudio, M./Mautone, R. (1992): A Class of Manpower Scheduling Problems. in: Zeitschrift für Operations Research. Vol. 36. S. 93 - 105.
- Corsten, Hans (1985): Die Produktion von Dienstleistungen: Grundzüge einer Produktionswirtschaftslehre des tertiären Sektors. Berlin.
- DAG Landesverband Baden-Württemberg/Verband der Deutschen Schmuck- und Silberwarenindustrie e.V./Edelmetallindustrieverband e.V./Uhrenindustrie Verband Pforzheim e.V. (1994): Tarifvertrag zur Beschäftigungssicherung. Pforzheim/Stuttgart.

- DAG Landesverband Berlin und Brandenburg/Verband der Metall- und Elektroindustrie in Berlin und Brandenburg e.V. (1994): Tarifvertrag zur Beschäftigungssicherung für die Beschäftigten in der Metall- und Elektroindustrie in Berlin und Brandenburg. Tarifgebiet I. Berlin.
- DAG Landesverband Hamburg/Industrieverband Heizungs-, Klima- und Sanitärtechnik Hamburg e.V. (1995): Manteltarifvertrag für die Arbeitnehmer in der Heizungs-, Klima- und Sanitärtechnik sowie im Rohrleitungsbau (Industrie und Handwerk). Hamburg.
- DAG Landesverband Niedersachsen-Bremen (1992): Manteltarifvertrag für die holz- und kunststoffverarbeitende Industrie im nordwestdeutschen Raum der Bundesrepublik Deutschland. Hannover.
- DAG Landesverband Niedersachsen-Bremen/Verband der Metallindustriellen Niedersachsen e.V. (1994): Gemeinsamer Manteltarifvertrag für die Beschäftigten in der niedersächsischen Metallindustrie. Hannover.
- DAG Landesverband Niedersachsen-Bremen/Verband der Metallindustriellen Niedersachsen e.V. (1995): Tarifvertrag zur Beschäftigungssicherung für die niedersächsische Metallindustrie. Gültig ab 1. Januar 1996. Hannover.
- DAG Landesverband Nordrhein-Westfalen/Verband des Kraftfahrzeuggewerbes Nordrhein-Westfalen e.V. (1994): Manteltarifvertrag. Kraftfahrzeuggewerbe NRW. Düsseldorf.
- Dantzig, George B. (1954): A Comment on Edie's „Traffic Delays at Tool Booths“. in: Journal of the Operations Research Society of America. Vol. 2. No 3. S. 339 - 341.
- Däubler, Wolfgang (1993): Das Arbeitsrecht 1. 13. Aufl. Hamburg.
- de Sousa, Jorge F. (1991): A computer based interactive approach to crew scheduling in: European Journal of Operational Research. 55. S. 382 - 393.
- Dellekönig, Christian (1995): Der Teilzeitmanager. Argumente und erprobte Modelle für innovative Arbeitszeitregelungen. Frankfurt am Main/New York.
- Desrochers, Martin/Soumis, Francois (1989): A Column Generation Approach to the Urban Transit Crew Scheduling Problem. in: Transportation Science. Vol. 23. No. 1. S. 1 - 13.
- Deters, Jürgen/Staehle, Wolfgang H./Stirn, Ulrich (1989): Die Praxis des gleitenden Übergangs in den Ruhestand. Geht eine sozialpolitische Idee in Rente?. Berlin.
- Deutscher Bundestag und Bundesrat (1974): Verhandlungen des Deutschen Bundestages. 7. Wahlperiode. Drucksachen. Band 192. Drucksache 7/2305 (Entwurf eines Gesetzes zum Schutze der arbeitenden Jugend). Bonn. S. 1 - 55.
- Deutscher Bundestag und Bundesrat (1984): Verhandlungen des Deutschen Bundestages. 10. Wahlperiode. Drucksachen. Band 309. Drucksache 10/2102. Entwurf eines Beschäftigungsförderungsgesetzes 1985 (BeschFG 1985). Bonn. S. 1 - 42.
- Deutscher Bundestag und Bundesrat (1984a): Bundesrat Drucksachen. Jg. 1984. Band 8. Drucksache 393/84. Entwurf eines Beschäftigungsförderungsgesetzes 1985 (BeschFG 1985). Bonn. S. 1 - 35.
- Deutscher Bundestag und Bundesrat (1985): Verhandlungen des Deutschen Bundestages 10. Wahlperiode. Drucksachen. Band 317. Drucksache 10/3206. (Beschlussempfehlung und Bericht des Ausschusses für Arbeit und Sozialordnung (11. Ausschuß). Förderung der Beschäftigung). Bonn. S. 1 - 34.
- Deutscher Bundestag und Bundesrat (1993): Verhandlungen des Deutschen Bundestages 12. Wahlperiode. Drucksachen. Band 480. Drucksache 12/5888 (Entwurf eines Gesetzes zur Vereinheitlichung und Flexibilisierung des Arbeitszeitrechts). Bonn. S. 1 - 56.

- Deutscher Bundestag und Bundesrat (1994): Verhandlungen des Deutschen Bundestages. 12. Wahlperiode. Drucksachen. Band 492. Drucksache 12/6990 (Beschlussempfehlung und Bericht des Ausschusses für Arbeit und Sozialordnung (11. Ausschuß). Entwurf eines Arbeitszeitgesetzes). Bonn. S. 1 - 46.
- Deutsches Institut für Normung (1975): DIN 1355 (Kalender, Wochennumerierung, Tagesdatum, Uhrzeit). Berlin.
- Dieball, Heike (1991): Gleichbehandlung von Frau und Mann im Recht der EG. in: Arbeit und Recht. 44. Jg. H. 6. S. 166 - 172.
- Dingler, Markus (1997): Arbeitszeitmanagement. Gestaltung und Implementierung von Arbeitszeitmodellen. Diss. Wiesbaden.
- Dinkelbach, Werner (1978): Ziele, Zielvariablen und Zielfunktionen. in: Die Betriebswirtschaft. 38. Jg. H. 1. S. 51 - 58.
- Dobberahn, Peter (1996): Das neue Arbeitszeitgesetz in der Praxis. Grundregeln und Rechtsquellen des Arbeitszeitrechts. 2. Aufl. München.
- Domsch, Michel (1970): Simultane Personal- und Investitionsplanung im Produktionsbereich. Bielefeld
- Domschke, Wolfgang/Drexl, Andreas (1995): Einführung in Operations Research. 3. Aufl. Berlin u. a.
- Dorsch, Friedrich (1994): Psychologisches Wörterbuch. 12. Aufl. Bern u. a.
- Dräger, Thomas (1986): Beteiligung des Betriebsrates bei der Einführung flexibler Arbeitssysteme. Frankfurt am Main/Bern/New York.
- Drexl, Andreas (1989): Zuordnung von Prüfern zu Prüffeldern unter Beachtung von Reihenfolge-, Kapazitäts- und Terminrestriktionen. in: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung. 41. Jg. S. 294 - 317.
- Drexl, Andreas (1989a): Heuristische Scheduling-Verfahren zur Personaleinsatzplanung bei Unternehmensprüfungen. in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft. 59. Jg. S. 193 - 212.
- Drumm, Hans Jürgen (1995): Personalwirtschaftslehre. 3. Aufl. Berlin u. a.
- Drumm, Hans Jürgen/Scholz, Christian/Polzer, Helmut (1980): Zur Akzeptanz formaler Personalplanungsmethoden. in: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung. 32. Jg. H. 8. S. 721 - 740.
- Düll, Herbert/Ellguth, Peter (1997): Schicht- und Wochenendarbeit im Fokus des betrieblichen Arbeitszeitmanagements. Quer- und Längsschnittanalysen aus dem IAB-Betriebspanel 1993 - 1996 unter besonderer Berücksichtigung des Verarbeitenden Gewerbes. in: Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung. 30. Jg. H. 4. S. 746 - 765.
- Durr, Walter/Kleibohm, Klaus (1992): Operations Research. Lineare Modelle und ihre Anwendungen. 3. Aufl. München/Wien.
- Düttmann, Johannes u. a. (1985): Kommentierung des „Beschäftigungsförderungs“gesetzes. in: Arbeitsrecht im Betrieb. 6. Jg. H. 5. S. 67 - 76.
- Dutz, Wilhelm (1994). Arbeitsrecht. 2. Aufl. München.
- Dworschak, Franz (1987): Lebensstil und Arbeitszeitflexibilisierung. in: Becker, Thomas A. (Hrsg.): Arbeitszeit-Flexibilisierung. Tarifpolitische Erfahrungen und neue Modelle in Westdeutschland, Österreich und der Schweiz. Frankfurt am Main/New York. S. 57 - 70.
- Easton, Fred F./Rossin, Donald F. (1991): Equivalent Alternate Solutions for the Tour Scheduling Problem. in: Decision Sciences. Vol. 22. S. 985 - 1007.
- Easton, Fred F./Rossin, Donald F. (1991a): Sufficient Working Subset for the Tour Scheduling Problem in: Management Science Vol. 37. No. 11. S. 1441 - 1451.

- Easton, Fred F./Rossin, Donald F./Borders, William S. (1992): Analysis of alternative scheduling policies for hospital nurses. in: *Production and Operations Management*. Vol. 1. No. 2. S. 159 - 174.
- Eich, Achim (1995): Tarifverträge und Sozialpartnerbeziehungen am Beispiel der chemischen Industrie. in: *Neue Zeitschrift für Arbeitsrecht*. 12. Jg. H. 4. S. 149 - 155.
- Eichener, Volker/Mai, Manfred (1993): *Sozialverträgliche Technik - Gestaltung und Bewertung*. Wiesbaden.
- Ellinger, Theodor (1959): *Ablaufplanung. Grundfragen der Planung des zeitlichen Ablaufs der Fertigung im Rahmen der industriellen Produktionsplanung*. Stuttgart.
- Ellinger, Theodor (1990): *Operations Research. Eine Einführung*. 3. Aufl. Berlin u.a.
- Emmons, Hamilton (1985): Work-Force Scheduling with Cyclic Requirements and Constraints on Days Off, Weekends Off, and Work Stretch. in: *IIE Transactions*. Vol. 17. No. 1. S. 8 - 16.
- Emmons, Hamilton/Burns, Richard (1991): Off-Day-Scheduling with Hierarchical Worker Categories. in: *Operations Research*. Vol. 39. No. 3. S. 484 - 495.
- Erasmý, Walter (1994): Ausgewählte Rechtsfragen zum neuen Arbeitszeitrecht (I). in: *Neue Zeitschrift für Arbeitsrecht*. 11. Jg. S. 1105 - 1111.
- Erasmý, Walter (1995): Ausgewählte Rechtsfragen zum neuen Arbeitszeitrecht (II). in: *Neue Zeitschrift für Arbeitsrecht*. 12. Jg. S. 97 - 103.
- Ergenzinger, Rudolf (1993): *Arbeitszeitflexibilisierung - Konsequenzen für das Management*. Diss. Bern.
- Faßl, J./Günther, Hans-Otto/Schneeweiß, Christoph (1991): Ein Decision-Support-System zur Planung der Jahresarbeitszeit. in: Biethahn, Jörg/Hummeltenberg, Wilhelm/Schmidt, Bernd (Hrsg.): *Simulation als betriebliche Entscheidungshilfe*. Band 2. Berlin u.a. S. 167 - 186.
- Fandel, Günter (1994): *Produktion I. Produktions- und Kostentheorie*. 4. Aufl. Berlin u.a.
- Fehr, Hendrik (1973): *Quantitative Methoden in der Personalplanung*. Diss. Hamburg.
- Ferland, Jacques A./Taillefer, Serge (1992): Vehicle crew scheduling to complete specific tasks and bulk-tasks at depots. in: *European Journal of Operational Research*. 57. S. 316 - 322.
- Fiedler-Winter, Rosemarie (1995): *Flexible Arbeitszeiten. Beispiele aus der Praxis*. Landsberg/ Lech
- Fitting, Karl u.a. (1992): *Handkommentar zum Betriebsverfassungsgesetz*. 17. Aufl. München.
- Flohr, Bernd/Kossmiel, Hugo (1981): Job Sharing und Personaleinsatz. in: Heymann, Helmut/ Seiwert, Lothar (Hrsg.): *Job Sharing*. Grafenau/Stuttgart/Zürich. S. 402 - 421.
- Förster, Gottlieb (1993): Akzente einer humanen Arbeitszeitpolitik. in: Seifert, Hartmut (Hrsg.): *Jenseits der Normalarbeitszeit. Perspektiven für eine bedürfnisgerechtere Arbeitszeitgestaltung*. Köln. S. 153 - 174.
- Franke, Günter/Hax, Herbert (1994): *Finanzwirtschaft des Unternehmens und Kapitalmarkt*. 3. Aufl. Berlin u.a.
- Freeman, J.M. (1992): Planning Police Staffing Levels. in: *Journal of the Operational Research Society*. Vol. 43. No. 3. S. 187 - 194.
- Fürst, Antje (1997): *Auftragsfolge- und Personalplanung. Entscheidungsmodelle zu ausgewählten Job-Shop-Scheduling- und Personalbereitstellungsproblemen*. Diss. München/Mering.
- Gaballa, Adel/Pearce, Wayne (1979): Telephone Sales Manpower Planning at Qantas. in: *Interfaces*. Vol. 9. No 3. S. 1 - 9.
- Gaitanides, Michael (1989): Konzepte zur zeitlichen Koordination in: Szyperski, Norbert (Hrsg.): *Handwörterbuch der Planung*. Stuttgart. Sp. 2258 - 2270.

- Garfinkel, Robert S./Nemhauser, George L. (1972): Integer Programming. New York u.a.
- Garhammer, Manfred (1995): Sozialverträglichkeit von Arbeitszeiten. Soziologische Überlegungen und Ergebnisse der Zeitbudgetforschung. in: Büssing, André/Seifert, Hartmut (Hrsg.): Sozialverträgliche Arbeitszeitgestaltung. München/Mering. S. 53 - 79.
- Gershkoff, Ira (1989): Optimizing Flight Crew Schedules in: Interfaces. Vol. 19. No. 4. S. 29 - 43.
- Gewerkschaft HBV (1997): Einzelhandel. Aufstellung der MTV-Regelungen Arbeitszeit, Teilzeitarbeit, Mehrarbeit, Zuschläge - nach Bundesländern. Düsseldorf.
- Gewerkschaft Textil-Bekleidung/Gesamtverband der Textilindustrie in der Bundesrepublik Deutschland (1996): Tarifvereinbarung über Jahresarbeitszeit und Arbeitszeitgestaltung für die Textilindustrie. Düsseldorf.
- Glover, Fred/McMillan, Claude/Glover, Randy (1984): A Heuristic Programming Approach to the Employee Scheduling Problem and Some Thoughts on „Managerial Robots“. in: Journal of Operations Management. Vol. 4. No. 2. S. 113 - 128.
- Gottwald, Richard (1990): Entscheidung unter Unsicherheit: Informationsdefizite und unklare Präferenzen. Wiesbaden.
- Graf, Otto (1960): Arbeitsphysiologie. Wiesbaden.
- Grassl, Gerhard/Hindelang, Ottmar (1984): Schichtarbeit und Gleitzeit - geht das?. in: Personal. 36. Jg. H. 3. S. 97 - 98
- Graves, Glenn W. u a (1993). Flight Crew Scheduling. in: Management Science. Vol. 39. No. 6. S. 736 - 745.
- Grosse-Oetringhaus, Wigand F. (1974): Fertigungstypologie - unter dem Gesichtspunkt der Fertigungsablaufplanung. Berlin.
- Günther, Hans-Otto (1989): Produktionsplanung bei flexibler Personalkapazität. Stuttgart.
- Gunther, Hans-Otto/Schneeweiß, Christoph (1988): Kapazitative Wirkungen von Arbeitszeitflexibilisierungen in: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung. 40. Jg. H. 10. S. 915 - 929.
- Gutenberg, Erich (1983): Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre. Band I: Die Produktion. 24. Aufl. Berlin/Heidelberg/New York.
- Hackstein, R/Nüssgens, K.H/Uphus, P.H. (1971): Personalbedarfsermittlung im System Personalwesen (I) in: Fortschrittliche Betriebsführung. 20. S. 105 - 124.
- Häfele, Wolfgang (1988): Die Zulassung befristeter Arbeitsverhältnisse durch §1 BeschFG 1985. Diss. München.
- Hagedorn, Jobst R (1989): Beschäftigungsförderung: In der Praxis voll bewährt. in: Arbeitgeber. 41. Jg. Nr. 9, S. 320 - 322.
- Hahn, Eberhardt (1989): Erholungswirkungen ausgewählter Pausenorganisationsvarianten bei Routinebildschirmarbeitstätigkeiten. in: Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie. 33. Jg. (7 NF). H. 4. S. 188 - 196.
- Hamel, Winfried (1985): Betriebliche Aspekte einer Flexibilität der Arbeit. in: Das Wirtschaftsstudium (WISU). 14. Jg. H. 6. S. 296 - 299.
- Hamel, Winfried (1989): Zielplanung. in: Szyperski, Norbert (Hrsg.): Handwörterbuch der Planung. Stuttgart. Sp. 2302 - 2316.
- Hamel, Winfried (1992): Arbeitszeit in: Gaugler, Eduard/Weber, Wolfgang (Hrsg.): Handwörterbuch des Personalwesens. 2. Aufl. Stuttgart. Sp. 441 - 458.

- Hamerle, Alfred/Kemény, Peter (1981): Einführung in die Mathematik für Sozialwissenschaftler. München/Wien.
- Hanau, Peter (1987): Befristung und Abrufarbeit nach dem Beschäftigungsförderungsgesetz 1985. in: Recht der Arbeit. 40. Jg. H. 1. S. 25 - 29.
- Hartwig, Gerd (1995): Flexible und individuelle Arbeitszeitgestaltung im administrativen Bereich - Gleitzeit und Gleitzeitparbuch am Beispiel Weidmüller. in: Wagner, Dieter (Hrsg.): Arbeitszeitmodelle. Flexibilisierung und Individualisierung. Göttingen. S. 129 - 136.
- Hatry, Jochen (1981): Technologie und organisatorische Momente der Arbeitszeitgestaltung. in: Rinderspacher, Jürgen P. (Hrsg.): Neue Arbeitszeitregelungen - Auswirkungen auf Arbeitsmarkt und Arbeitsleben. IIVG Papers. Veröffentlichungsreihe des Internationalen Instituts für vergleichende Gesellschaftsforschung. Wissenschaftszentrum Berlin. S. 153 - 163.
- Hauschildt, Jürgen (1970): Zur Artikulation von Unternehmenszielen. in: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung. 22. Jg. H. 8/9. S. 545 - 559.
- Hauschildt, Jürgen (1974): Freiheitsgrade beim Setzen neuer Ziele. Innovation als Determinante von Entscheidungszielen. in: Wild, Jürgen (Hrsg.): Unternehmensführung. Festschrift für Erich Kosiol zu seinem 75. Geburtstag. Berlin. S. 409 - 440.
- Hauschildt, Jürgen (1977): Entscheidungsziele. Zielbildung in innovativen Entscheidungsprozessen: theoretische Ansätze und empirische Prüfung. Tübingen.
- Hax, Herbert/Kern, Werner/Schroder, Hans-Horst (Hrsg.) (1989): Zeitaspekte in betriebswirtschaftlicher Theorie und Praxis. (50. Wissenschaftliche Jahrestagung des Verbandes der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft e.V.). Stuttgart.
- Hax, Herbert/Laux, Helmut (1972): Flexible Planung - Verfahrensregeln und Entscheidungsmodelle für die Planung bei Unsicherheit. in: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung. 24. Jg. H. 5. S. 318 - 340.
- Heinen, Edmund (1966): Das Zielsystem der Unternehmung. Grundlagen betriebswirtschaftlicher Entscheidungen. Wiesbaden.
- Heinen, Edmund (1971): Grundlagen betriebswirtschaftlicher Entscheidungen. Das Zielsystem der Unternehmung. 2. Aufl. (Nachdruck der 1. Aufl. mit verändertem Titel). Wiesbaden.
- Heinrich, Detlef (1990): Flexibilisierung der Arbeitszeit. in: Der Betriebswirt. H. 3. S. 14 - 18.
- Heinze, Meinhard (1995): Kollektive Arbeitsbedingungen im Spannungsfeld zwischen Tarif- und Betriebsautonomie. in: Neue Zeitschrift für Arbeitsrecht. 12. Jg. H. 1. S. 5 - 8.
- Held, Martin/Schanz, Werner (1986): Kriterienliste zur gesellschaftlichen Diskussion der zukünftigen Arbeitszeitgestaltung. in: Held, Martin/Schanz, Werner (Hrsg.): Arbeitszeitpolitik Wer setzt das Maß für die „Arbeitszeit nach Maß“?. epd Dokumentation Nr. 51. Frankfurt am Main. S. 39 - 47.
- Hemmer, Edmund (1998): Personalzusatzkosten 1997. Rückgang bei der Entgeltfortzahlung führt zu gesunkener Quote. in: Personal. 50. Jg. H. 6. S. 252 - 256.
- Henderson, Willie B./Berry, William L. (1976): Heuristic methods for telephone operator shift scheduling: an experimental analysis. in: Management Science. Vol. 22. No. 12. S. 1372 - 1380.
- Henderson, Willie B./Berry, William L. (1977): Determining optimal shift schedules for telephone traffic exchange operators. in: Decision Sciences. Vol. 8. S. 239 - 255.
- Hentze, Joachim (1995): Personalwirtschaftslehre 2. Personalerhaltung und Leistungsstimulation. Personalfreistellung und Personalinformationswirtschaft. 6. Aufl. Bern/Stuttgart/Wien.
- Heraeus Holding GmbH/Betriebsrat der Betriebsstätte Heraeusstraße (1995): Betriebsvereinbarung „Arbeitszeitregelung“. Hanau.

- Herbst, Manfred (1975): Determinanten des Arbeitskräftebedarfs der Industrie. Diskussionsbeitrag zu den hypothetischen Freisetzungsberechnungen von Arbeitskräften. in: Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung. 8. Jg. H. 4. S. 277 - 286.
- Herrmann, Lars (1997): Selbststeuerung im Team. in: Personalwirtschaft. Sonderheft 10/97. „Flexible Arbeitszeit und Zeitwirtschaft“. S. 8 - 12.
- Heymann, Helmut/Seiwert, Lothar (1981): Job Sharing. Grafenau/Stuttgart/Zürich.
- Hildebrandt, Wolfgang (1973): Variable Arbeitszeit und Tagesrhythmik. Trossingen.
- Hilke, Wolfgang (1979): Zeitkomponenten, faktor- und auftragsbezogene. in: Kern, Werner (Hrsg.): Handwörterbuch der Produktionswissenschaft. Stuttgart. Sp. 2281 - 2295.
- Hillert, Alfred (1971): Gleitende Arbeitszeit - ein Weg mit Zukunft. Erfahrungen mit dem Ottobrunner Modell. Bad Wörishofen.
- Hillier, Frederick S./Lieberman, Gerald J. (1988): Operations Research. Einführung. 4. Aufl. München/Wien.
- Hinrichs, Karl (1988): Motive und Interessen im Arbeitszeitkonflikt. Eine Analyse der Entwicklung von Normalarbeitszeitstandards. Frankfurt am Main/New York.
- Höland, Armin (1990): Befristete Arbeitsverträge und Beschäftigungsförderungsgesetz - Ein Vergleich zweier Forschungsprojekte. Teil I: „Befristete Arbeitsverträge nach dem Beschäftigungsförderungsgesetz (BeschFG 1985)“ - Ergebnisse der Untersuchung im Auftrag des Bundesministers für Arbeit und Sozialordnung. in: Zeitschrift für Rechtssoziologie. 11. Jg. H. 2. S. 254 - 280
- Hoff, Andreas (1983): Betriebliche Arbeitszeitpolitik zwischen Arbeitszeitverkürzung und Arbeitszeitflexibilisierung. Beiträge zur Sozialökonomik der Arbeit. Band 7. München.
- Hoff, Andreas (1990): Neue Prinzipien der Arbeitszeitgestaltung im Schichtbetrieb. in: Ackermann, Karl-Friedrich/Hofmann, Matthias (Hrsg.): Innovatives Arbeitszeit- und Betriebszeitmanagement. Frankfurt am Main/New York. S. 159 - 177.
- Hoffman, Karla L./Padberg, Manfred (1993): Solving Airline Crew Scheduling Problems by Branch-and-Cut. in: Management Science. Vol. 39. No. 6. S. 657 - 682.
- Hofmann, Matthias (1990): Arbeits- und Betriebszeitmanagement mit SYMPAZ. in: Ackermann, Karl-Friedrich/Hofmann, Matthias (Hrsg.): Innovatives Arbeitszeit- und Betriebszeitmanagement. Frankfurt am Main/New York. S. 213 - 233.
- Holenwerger, Toni (1993): Jahresarbeitszeit. in: Baillod, Jürg u.a. (Hrsg.): Handbuch Arbeitszeit. 2. Aufl. Zürich. S. 419 - 450.
- Holloran, Thomas J./Byrn, Judson (1986): United Airlines Station Manpower Planning System. in: Interfaces. Vol. 16. No. 1. S. 39 - 50.
- Hotel- und Gaststättenverband Hessen e.V. (1993): Manteltarifvertrag für das Hotel- und Gaststättengewerbe in Hessen. Gültig ab 1. Januar 1993. Wiesbaden.
- Houtman, Joachim (1998). Elemente einer umweltorientierten Produktionstheorie. Diss. Wiesbaden.
- Hromadka, Wolfgang (1992): Privat- versus Tarifautonomie - Ein Beitrag zur Arbeitszeitdiskussion. in: Der Betrieb. 45. Jg. H. 20. S. 1042 - 1047.
- Hromadka, Wolfgang (1994): Arbeitsrecht - Handbuch für die Praxis. 2. Aufl. Stuttgart.
- Hromadka, Wolfgang (1995): Das Leistungsbestimmungsrecht des Arbeitgebers. in: Der Betrieb. 48. Jg. H. 32. S. 1609 - 1615.
- Hromadka, Wolfgang (1995a): Das allgemeine Weisungsrecht. in: Der Betrieb. 48. Jg. H. 51/52. S. 2601 - 2606

- Huber, Karl Heinz (1974): Die Planung des Soll-Personalbestandes in der Unternehmung. Mannheim.
- Hujer, Reinhard/Cremer, Rolf (1978): Methoden der empirischen Wirtschaftsforschung Verfahren zur Diagnose und Prognose makroökonomischer Prozesse. München.
- Hüls AG (1996): Gesamtbetriebsvereinbarung zwischen der Unternehmensleitung und dem Gesamtbetriebsrat der Hüls AG zur Regelung einer flexiblen Arbeitszeit. Marl.
- Hung, Rudy (1991): Single-Shift Workforce Scheduling Under a Compressed Workweek. in: Omega. International Journal of Management Science. Vol. 19. No. 5. S. 494 - 497.
- Hung, Rudy (1993): A Three-Day Workweek Multiple-Shift Scheduling Model. in: Journal of the Operational Research Society. Vol. 44. No. 2. S. 141 - 146.
- Hung, Rudy (1994). Multiple-shift Workforce Scheduling Under the 3 - 4 Workweek with Different Weekday and Weekend Labor Requirements. in: Management Science. Vol. 40. No. 2. S. 280 - 284.
- Hung, Rudy (1994a): Single-shift off-day scheduling of a hierarchical workforce with variable demands. in: European Journal of Operational Research. 78. S. 49 - 57.
- Hung, Rudy (1994b): A Multiple-Shift Workforce Scheduling Model Under the 4-Day Workweek With Weekday and Weekend Labour Demands. in: Journal of the Operational Research Society. Vol. 45. No. 9. S. 1088 - 1092.
- Hung, Rudy (1995): Compressed work schedules in a police force: A survey of applications in: Optimum. Vol. 26. Iss. 2 (Autumn). S. 32 - 36
- Hung, Rudy/Emmons, Hamilton (1993): Multiple-shift Workforce Scheduling Under the 3 - 4 Compressed Workweek with a Hierarchical Workforce. in: IIE Transactions Vol. 25. No. 5. S. 82 - 89.
- Hüpen, Rolf (1994): Arbeitszeit, Betriebszeit und Beschäftigung. Produktionstheoretische Grundlagen und Beschäftigungseffekte kollektiver Arbeitszeitverkürzung. Wiesbaden.
- Hüttner, Eveline (1993): Flexible und gleitende Pensionierung. in: Baillo, Jürg u.a. (Hrsg.): Handbuch Arbeitszeit. 2. Aufl. Zürich. S. 279 - 306.
- IBM Informationssysteme GmbH/DAG (1996): Tarifvertrag über Rahmenregelungen für individuelle Arbeitszeiten zwischen der IBM Informationssysteme GmbH und der DAG. Stuttgart.
- IBM Informationssysteme GmbH/DAG (1996a): Tarifvertrag über Arbeitszeit und Mehrarbeit zwischen der IBM Informationssysteme GmbH und der DAG. Stuttgart.
- IG Chemie-Papier-Keramik/Arbeitgeberverband der Deutschen Glasindustrie e.V. (1992): Manteltarifvertrag für die gewerblichen Arbeitnehmer und Auszubildenden der Betriebe, die Hohlglas aller Art oder Glasfaser erzeugen, veredeln oder verarbeiten, in der Bundesrepublik Deutschland vom 4. Juli 1992. Hannover.
- IG Chemie-Papier-Keramik/Arbeitgeberverband der Deutschen Kautschukindustrie e.V. (1994): Manteltarifvertrag für gewerblichen Arbeitnehmer und Angestellte der Kautschukindustrie in den Ländern Hessen, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz und Saarland vom 26. Januar 1994. Hannover.
- IG Chemie-Papier-Keramik/Bundesarbeitgeberverband Chemie e.V. (1992). Manteltarifvertrag für die Chemische Industrie. Tarifvertrag über Teilzeitarbeit. Hannover.
- IG Chemie-Papier-Keramik/Bundesarbeitgeberverband Chemie e.V. (1994): Ergänzungen zum Manteltarifvertrag Chemische Industrie (West) vom 24. Juni 1992. Hannover.
- IG Chemie-Papier-Keramik/IG Bergbau, Chemie, Energie/Vereinigung der Arbeitgeberverbände der Deutschen Papierindustrie e.V. (1994): Manteltarifvertrag Durchfahrvertrag für die Papier-

- industrie Durchfahrvertrag für die Zellstoffindustrie Tarifvertrag über Teilzeitarbeit für die Arbeitnehmer der Papierindustrie Hannover.
- IG Medien Berlin (1997) Manteltarifvertrag für die gewerblichen Arbeitnehmer in der Papier, Pappe und Kunststoffe verarbeitenden Industrie im Gebiet von Berlin (Ost) und Brandenburg. Berlin.
- IG Medien Hauptvorstand/Hauptverband der Papier, Pappe und Kunststoffe verarbeitenden Industrie e.V. (1997) Manteltarifvertrag für die gewerblichen Arbeitnehmer/Arbeitnehmerinnen in der Papier, Pappe und Kunststoffe verarbeitenden Industrie. Stuttgart.
- IG Textil-Bekleidung/Bundesvereinigung der Arbeitgeber im Bundesverband Bekleidungsindustrie e.V. (1996): Tarifvertrag über Jahresarbeitszeit und Arbeitszeitgestaltung für die gewerblichen Arbeitnehmer und Arbeitnehmerinnen der Bekleidungsindustrie. Dusseldorf.
- Inglehart, Ronald (1977). *The Silent Revolution Changing Values and Political Styles Among Western Publics* Princeton.
- Inglehart, Ronald (1984): Wertewandel in den westlichen Gesellschaften: Politische Konsequenzen von materialistischen und postmaterialistischen Prioritäten. in: Klages, Helmut/Kmicciak, Peter (Hrsg.) *Wertewandel und gesellschaftlicher Wandel*. Frankfurt am Main. S. 279 - 316.
- Inglehart, Ronald (1989): *Kultureller Umbruch - Wertewandel in der westlichen Welt*. Frankfurt am Main
- Isermann, Heinz (1979) Strukturierung von Entscheidungsprozessen bei mehrfacher Zielsetzung. in: *OR-Spektrum* 1. S. 3 - 26.
- Isermann, Heinz (1989). Optimierung bei mehrfacher Zielsetzung. in: Gal, Tomas (Hrsg.) *Grundlagen des Operations Research*. Band 1. 2. Aufl. Berlin u.a. S. 420 - 497.
- Jacob, Herbert (1974). Unsicherheit und Flexibilität. Zur Theorie der Planung bei Unsicherheit. Erster Teil. in: *Zeitschrift für Betriebswirtschaft* 44. Jg. Nr. 5 S. 299 - 326.
- Jacob, Herbert (1990). Flexibilität und ihre Bedeutung für die Betriebspolitik. in: Adam, Dietrich u.a. (Hrsg.): *Integration und Flexibilität Eine Herausforderung für die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre* 51. Wissenschaftliche Jahrestagung des Verbandes der Hochschullehrer für Betriebswirtschaftslehre. Wiesbaden S. 15 - 60.
- Jacobs, Larry W/Bechthold, Stephen E. (1993) Labor Utilization Effects of Labor Scheduling Flexibility Alternatives in a Tour Scheduling Environment. in: *Decision Sciences*. Vol. 24. S. 148 - 166.
- Jacobs, Larry W/Brusco, Michael J. (1996): Overlapping Start-time Bands in Implicit Tour Scheduling. in: *Management Sciences*. Vol. 42. No. 9. S. 1247 - 1259.
- Jarr, Klaus (1978) *Stochastische Personalplanungen. Ansätze zur Planung des betrieblichen Reservepersonals* Wiesbaden
- Jarrah, Ahmad I Z./Bard, Jonathan F./de Silva, Anura H. (1994): Solving large-scale tour scheduling problems in *Management Science* Vol. 40. No 9. S. 1124 - 1144.
- Joachim, Peter/Seifert, Hartmut (1991): *Neue Technik und Arbeitszeitgestaltung. (Sozialverträgliche Technikgestaltung. Band 25)*. Opladen.
- Juchser, Jürgen (1972) Zur Diskussion gestellt. Zeitplanung in: *Stadtbauwelt*. H. 36. S. 318 - 323.
- Kaluza, Bernd (1993) Flexibilität, betriebliche. in: Wittmann, Waldemar (Hrsg.): *Handwörterbuch der Betriebswirtschaftslehre* 5. Aufl. Stuttgart. Sp. 1173 - 1184.
- Kaupp, Martin/Pauly, Markus/Pibernik, Richard (1996): Simulationsgestützte Besetzungseinsatzplanung einer Luftverkehrsgesellschaft in: Kaupp, Martin (Hrsg.): *Simulation im Luftverkehr: Analyse - Modellierung - Implementierung - Ergebnisse*. Wiesbaden. S. 111 - 211.
- Keith, Elbridge Gerry (1979): Operator scheduling. in: *AIIE Transaction*. Vol. 11. No. 1. S. 37 - 41.

- Kern, Werner (1969): Der Impulsbezug dynamischer Fragestellungen in der Betriebswirtschaftslehre. in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft. 39. Jg. Nr. 6. S. 343 - 368.
- Kern, Werner (1992): Die Zeit als Dimension betriebswirtschaftlichen Denkens und Handelns. in: Die Betriebswirtschaft. 52. Jg. H. 1. S. 41 - 58.
- Kern, Werner (1993): Zeitaspekte in der Betriebswirtschaftslehre. in: Wittmann, Waldemar (Hrsg.): Handwörterbuch der Betriebswirtschaft. Bd. 3. 5. Aufl. Stuttgart. Sp. 4773 - 4785.
- Kern, Werner (1996): Zeit als Gestaltungsdimension. in: Kern, Werner/Schröder, Hans-Horst/Weber, Jürgen (Hrsg.): Handwörterbuch der Produktionswissenschaft. 2. Aufl. Stuttgart. Sp. 2277 - 2288.
- Kerschbaumer, Judith/Tiefenbacher, Torsten (1998) Altersteilzeit in „Blockmodellen“. in: Arbeit und Recht. 51. Jg. H. 2. S. 58 - 61.
- Khan, M.R /Lewis, D.A. (1987): A Network Model for Nursing Staff Scheduling. in: Zeitschrift für Operations Research. Vol. 31. S. B161 - B171.
- Kieper, Frank (1996): Dynamisches Erfolgscontrolling als Lösungsansatz für das betriebliche Personalkostenmanagement. Diss. München/Mering.
- Kirchner, Dieter (1994): Diskussionsbeiträge. in: Recht der Arbeit. 47. Jg. H. 3. S. 171 - 172.
- Kirsch, Werner (1965): Entscheidungsprozesse. Verhaltenswissenschaftliche Ansätze der Entscheidungstheorie. 1. Band. Wiesbaden
- Kissel, Rudolf (1986): Das Spannungsfeld zwischen Betriebsvereinbarung und Tarifvertrag. in: Neue Zeitschrift für Arbeits- und Sozialrecht. 3. Jg. H. 3. S. 73 - 112.
- Kissel, Rudolf (1995): Kollektive Arbeitsbedingungen im Spannungsfeld zwischen Tarif- und Betriebsautonomie. in: Neue Zeitschrift für Arbeitsrecht. 12. Jg. H. 1. S. 1 - 5.
- Kistner, Hans-Peter (1993): Optimierungsmethoden. Einführung in die Unternehmensforschung für Wirtschaftswissenschaftler. 2. Aufl. Heidelberg.
- Klages, Helmut (1985): Wertorientierung im Wandel - Rückblick, Gegenwartsanalyse, Prognosen. 2. Aufl. Frankfurt am Main.
- Klages, Helmut (1993): Wertewandel in Deutschland in den 90er Jahren in: Rosenstiel, Lutz von u.a. (Hrsg.): Wertewandel. Herausforderung für die Unternehmenspolitik in den 90er Jahren. 2. Aufl. Stuttgart. S. 1 - 15.
- Klages, Helmut/Franz, Gerhard/Herbert, Willi (1985): Wertewandel in der Jugend - Neue Herausforderungen für die Unternehmensführung. in: Personal. 37. Jg. H. 2. S. 50 - 52.
- Kleinsang, Max H. (1973): Methoden der Personalbedarfsplanung in: Arbeit und Leistung. 27. Jg. S. 289 - 293.
- Kleinhenz, Gerhard (1992): Mitarbeiterorientierte flexible Arbeits- und Betriebszeiten. Arbeitszeitmanagement zwischen theoretischen Möglichkeiten und praktischer Umsetzung in: Wildemann, Horst (Hrsg.): Zeitmanagement. Strategien zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit. Frankfurt am Main. S. 110 - 119.
- Klenner, Christina (1997): Läßt sich mit Zeitkontenmodellen mehr Zeitsouveränität verwirklichen? in: WSI Mitteilungen. 50. Jg. H. 4. S. 254 - 265.
- Klevemann, Joachim (1986): Der KAPOVAZ-Arbeitsvertrag - Zur Unbilligkeit arbeitsanfallorientierter Vertragsgestaltungen. in: Arbeitsrecht im Betrieb. 7. Jg. H. 5. S. 103 - 117.
- Klevemann, Joachim (1986a): Mitbestimmungsrechte des Betriebsrats bei KAPOVAZ-Arbeitszeitsystemen. in: Arbeitsrecht im Betrieb. 7. Jg. H. 7. S. 156 - 166.
- Klevemann, Joachim (1987): KAPOVAZ und Überstunden. in: Betriebs-Berater. 42. Jg. H. 18. S. 1242 - 1246.

- Klinge, Ralf Carl (1997): Kapazitätsplanung im Dienstleistungsunternehmen. Planungs- und Gestaltungsprobleme. Wiesbaden.
- Kmiecik, Peter (1976): Wertstrukturen und Wertwandel in der Bundesrepublik Deutschland - Grundlagen einer interdisziplinären empirischen Wertforschung mit einer Sekundäranalyse von Umfragedaten. Göttingen.
- Knauth, Peter (1983): Ergonomische Beiträge zu Sicherheitsaspekten der Arbeitszeitorganisation. Fortschrittberichte der VDI-Zeitschriften. Reihe 17. Nr. 18. Düsseldorf.
- Knauth, Peter (1987): Computergestützte Gestaltung diskontinuierlicher Schichtpläne nach arbeitswissenschaftlichen Kriterien. in: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft. 41. Jg. (13 NF). H. 4. S. 224 - 226.
- Knauth, Peter (1990): Optimale Schichtplangestaltung. in: Ackermann, Karl-Friedrich/Hofmann, Matthias (Hrsg.): Innovatives Arbeitszeit- und Betriebszeitmanagement. Frankfurt am Main/ New York. S. 259 - 275.
- Knauth, Peter (1995): Was kann das betriebliche Zeitmanagement zur sozialverträglichen Gestaltung von Arbeitszeit beitragen. in: Büssing, André/Seifert, Hartmut (Hrsg.): Sozialverträgliche Arbeitszeitgestaltung. München/Mering. S. 209 - 219.
- Knauth, Peter/Hornberger, Sonia (1993): Schichtpläne mit einer durchschnittlichen Arbeitszeit von 36 Stunden pro Woche und einer Betriebszeit zwischen 80 und 144 Stunden pro Woche. in: Angewandte Arbeitswissenschaft. Nr. 135. S. 23 - 48.
- Koch, Helmut (1973): Die zeitliche Modellstruktur einer handlungsanalytisch konzipierten Theorie der Unternehmung - dargestellt anhand der Theorie des Absatzes. in: Koch, Helmut (Hrsg.): Zur Theorie des Absatzes. Festschrift zum 75. Geburtstag von Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Erich Gutenberg. Wiesbaden. S. 215 - 261.
- Kohl, W./Schanzenbach, D. (1984): Wird Schichtarbeit mit Gleitzeit humaner?. in: Humane Produktion - Humane Arbeitsplätze. 6. Jg. Nr. 8. S. 33 - 37.
- Kohler, Hans/Spitznagel, Eugen (1995): Teilzeitarbeit in der Gesamtwirtschaft und aus der Sicht von Arbeitnehmern und Betrieben in der Bundesrepublik Deutschland. in: Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung. 23. Jg. H. 3. S. 339 - 364.
- Kohlöffel, Klaus (1988): Arbeitszeitmanagement als Instrument der Unternehmensplanung. Eine dynamische Analyse der Implikationen betrieblicher Arbeitszeitgestaltung. Frankfurt am Main u. a.
- Koop, Gerald J. (1986): Cyclic Scheduling of Offweekends. in: Operations Research Letters. Vol. 4. No. 6. S. 259 - 263.
- Koop, Gerald J. (1988): Multiple Shift Workforce Lower Bounds. in: Management Science. Vol. 34. No. 10. S. 1221 - 1230.
- Kosiol, Erich (1966): Die Unternehmung als wirtschaftliches Aktionszentrum. Einführung in die Betriebswirtschaftslehre. Reinbeck bei Hamburg.
- Kossbiel, Hugo (1970): Die Bestimmung des Personalbedarfs, des Personaleinsatzes und der Personalausstattung als betriebliches Entscheidungsproblem. Unveröffentl. Habilitationsschrift. Kiel.
- Kossbiel, Hugo (1971): Die Behandlung mehrfach qualifizierter Arbeitskräfte bei der Personalplanung. in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft. 41. Jg. H. 3. S. 167 - 184.
- Kossbiel, Hugo (1974): Probleme und Instrumente der betrieblichen Personalplanung. in: Schriften zur Unternehmensführung. hrsg. von Herbert Jacob. Band 20. Wiesbaden. S. 5 - 39.
- Kossbiel, Hugo (1976): Personalplanung (incl. Personalplanungsmodelle). in: Bierfelder, W. (Hrsg.): Handwörterbuch des öffentlichen Dienstes - Das Personalwesen. Berlin. Sp. 1235 - 1252.

- Kossbiel, Hugo (1986): Betriebliche Weiterbildung und ihre Wirkungen auf Personalstruktur und Personalflexibilität. in: Gaugler, Eduard (Hrsg.): Betriebliche Weiterbildung als Führungsaufgabe. Wiesbaden. S. 85 - 117.
- Kossbiel, Hugo (1988): Personalbereitstellung und Personalführung. in: Jacob, Herbert (Hrsg.) Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. Handbuch für Studium und Prüfung. 5. Aufl. Wiesbaden. S.1046 - 1253.
- Kossbiel, Hugo (1991): Personalplanung und betriebliche Weiterbildung. in: Aschenbrücker, Karin/ Pleiß, Ulrich (Hrsg.): Menschenführung und Menschenbildung. Hohengehren. S. 247 - 266.
- Kossbiel, Hugo (1992): Personalbedarfsermittlung. in: Gaugler, Eduard/Weber, Wolfgang (Hrsg.): Handwörterbuch des Personalwesens. 2. Aufl. Wiesbaden. Sp. 1596 - 1608.
- Kossbiel, Hugo (1992a): Personalbereitstellungsplanung bei Arbeitszeitflexibilisierung. in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft. 62. Jg. H. 2. S. 175 - 198.
- Kossbiel, Hugo (1992b): Personaleinsatz und Personaleinsatzplanung. in: Gaugler, Eduard/ Weber, Wolfgang (Hrsg.): Handwörterbuch des Personalwesens. 2. Aufl. Stuttgart. Sp. 1654 - 1666.
- Kossbiel, Hugo (1993): Personalplanung. in: Wittmann, Waldemar u.a. (Hrsg.): Handwörterbuch der Betriebswirtschaft. 5. Aufl. Stuttgart. Sp. 3127 - 3140.
- Kossbiel, Hugo (1994): Personalwirtschaft. in: Bea, Franz Xaver/Dichtel, Erwin/Schweitzer, Marcell (Hrsg.): Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. Bd. 3: Leistungsprozeß. 6. Aufl. Stuttgart/Jena. S. 395 - 479.
- Kossbiel, Hugo (1994a): Überlegungen zur Effizienz betrieblicher Anreizsysteme. in: Die Betriebswirtschaft. 54. Jg. H. 1. S.75 - 93.
- Kossbiel, Hugo (1997): Überlegungen zur ökonomischen Legitimierbarkeit betrieblicher Personal- ausstattungen. Arbeitspapier. Frankfurt am Main.
- Kossbiel, Hugo/Spengler, Thomas (1997): Ökonomisch legitimierbare Personalentscheidungen als Gegenstand personalwirtschaftlicher Hochschulausbildung. in: Auer, Manfred/Laske, Stephan (Hrsg.): Personalwirtschaftliche Ausbildung an Universitäten. Grundfragen, Konzepte und Erfahrungen. Sonderband 1997 der Zeitschrift für Personalforschung. München/Mering. S. 48 - 73.
- Kossbiel, Hugo/Spengler, Thomas (1998): Legitimationsgrundlagen betrieblicher Personalentscheidungen. in: Berthel, Jürgen (Hrsg.): Unternehmen im Wandel - Konsequenzen für und Unterstützung durch die Personalwirtschaft. München/Mering. S. 13 - 44.
- Köster, Ralf (1989): Heuristische Algorithmen zur Tageseinsatzplanung bei einer Fluggesellschaft. in: Operations Research Proceedings 1988. Berlin/Heidelberg. S. 235 - 241.
- Kostreva, Michael, M./Jennings, Karen S. B. (1991): Nurse Scheduling on a Microcomputer. in: Computers Ops. Res. Vol. 18. No. 8. S. 731 - 739.
- Kraft, Kornelius (1996): Die Auswirkungen des Beschäftigungsförderungsgesetzes. in: Jahrbuch für Wirtschaftswissenschaften. 47. Jg. S. 264 - 281.
- Kramer, Andreas (1991): Arbeitszeit. Geteilter Dienst in Küche und Service. Hamburg.
- Kreikebaum, Hartmut/Herbert, Klaus-Jürgen (1988): Humanisierung der Arbeit: Arbeitsgestaltung im Spannungsfeld ökonomischer, technologischer und humanitärer Ziele. Wiesbaden.
- Kress, M /Golany, B. (1994): Optimizing the assignment of aircrews to aircraft in an airlift operation. in: European Journal of Operational Research. 77. S. 475 - 485.
- Kuller, Hans-Detlev (1979): Personalnebenkostenrechnungen. Information oder Manipulation?. in: WSI Mitteilungen. 32. Jg. H. 12. S. 688 - 695.

- Kutscher, Jan/Weidinger, Michael/Hoff, Andreas (1996): Flexible Arbeitszeitgestaltung. Praxis-Handbuch zur Einführung innovativer Arbeitszeitmodelle. Wiesbaden.
- Lamnek, Siegfried (1989): Norm. in: Endrueit, Gunter (Hrsg.): Wörterbuch der Soziologie. Stuttgart. S. 468 - 472.
- Langmaacke, Sabine (1996): Teilzeitarbeit und Arbeitszeitflexibilisierung. Ein arbeitsrechtlicher Leit-faden für die betriebliche Praxis. Berlin.
- Laux, Helmut (1991): Entscheidungstheorie 1. Grundlagen. 2. Aufl. Berlin u.a.
- Lavoie, Sylvie/Minoux, Michel/Odier, Edouard (1988): A new approach for crew pairing problems by column generation with an application to air transportation. in: European Journal of Operational Research. 35. S. 45 - 58.
- Lawler, E.L. (1980): Combinatorial Structures and Combinatorial Optimization. in: Simeone, Bruno (Hrsg.): Combinatorial Optimization. Berlin u.a. S. 162 - 197.
- Ley, Katharina (1993): Teilzeitarbeit. in: Bailod, Jürg u.a. (Hrsg.). Handbuch Arbeitszeit. 2. Aufl. Zürich. S. 95 - 128.
- Li, Cheng/Robinson, E. Powell Jr./Mabert, Vincent A. (1991): An Evaluation of Tour Scheduling Heuristics with Differences in Employee Productivity and Cost. in: Decision Sciences. Vol. 22. S. 700 - 718.
- Lieb, Manfred (1994): Mehr Flexibilität im Tarifvertragsrecht?. „Moderne“ Tendenzen auf dem Prüfstand (1. Teil). in: Neue Zeitschrift für Arbeitsrecht. 11. Jg. H. 7. S. 289 - 294.
- Lieb, Manfred (1994a): Mehr Flexibilität im Tarifvertragsrecht?. „Moderne“ Tendenzen auf dem Prüfstand (2. Teil). in: Neue Zeitschrift für Arbeitsrecht. 11. Jg. H. 8. S. 337 - 342.
- Linne, Gudrun/Voswinkel, Stephan (1990): Befristete Arbeitsverträge und Beschäftigungsförderungsgesetz - Ein Vergleich zweier Forschungsprojekte. Teil II: „Vielleicht ist ja noch alles offen“ - Ergebnisse der Göttinger Untersuchung über befristete Arbeitsverhältnisse. in: Zeitschrift für Rechtssoziologie. 11. Jg. H. 2. S. 281 - 304.
- Linnenkohl, Karl (1984): Job-sharing aus arbeits- und sozialversicherungsrechtlicher Sicht. in: Personalführung. 17. Jg. H. 2. S. 49 - 53.
- Linnenkohl, Karl (1985): Begriff und Bedeutung der „Arbeitszeitflexibilisierung“. in: Betriebs-Berater. 40. Jg. H. 29. S. 1920 - 1924.
- Linnenkohl, Karl (1994): Lean-Law - die „ingeniöse“ Nichtanwendung von Arbeitsrecht. in: Betriebs-Berater. 49. Jg. H. 30. S. 2078 - 2080.
- Linnenkohl, Karl (1995): Entscheidungsrahmen für flexible und individuelle Arbeitszeiten. in: Wagner, Dieter (Hrsg.): Arbeitszeitmodelle. Flexibilisierung und Individualisierung. Göttingen. S. 33 - 48.
- Linnenkohl, Karl u.a. (1990): Möglichkeiten der Gestaltung flexibler Arbeitszeiten. in: Personalwirtschaft. 17. Jg. H. 12. S. 15 - 18.
- Linnenkohl, Karl u.a. (1993): Arbeitszeitflexibilisierung: 140 Unternehmen und ihre Modelle. 2. Aufl. Heidelberg.
- Loucks, John S./Jacobs, F. Robert (1991): Tour Scheduling and Task assignment of a Heterogenous Work Force: A Heuristic Approach. in: Decision Sciences. Vol. 22. S. 719 - 738.
- Love, Robert R. Jr./Hoey, James M. (1990): Management science improves fast-food operations. in: Interfaces. Vol. 20. No. 2. S. 21 - 29.
- Lowerre, James M. (1977): Work Stretch Properties for the Scheduling of Continuous Operations Under Alternativ Labor Policies. in: Management Science. Vol. 23. No. 9. S. 963 - 971.

- Löwisch, Manfred (1981): Anmerkung zu BAG Nr. 26 zu §611 BGB Direktionsrecht. in *Arbeitsrechtliche Praxis*. H. 3. Bl. 378 - 379.
- Luczak, Holger (1998): *Arbeitswissenschaft*. 2. Aufl. Berlin u.a.
- Lüscher, Kurt (1989): Zeit. in: Endruweit, Günter (Hrsg.): *Wörterbuch der Soziologie*. Bd. 3. Stuttgart. S. 834 - 836.
- Mabert, Vincent A./Watts, Charles A (1982): A Simulation Analysis of Tour-Shift Construction Procedures. in: *Management Science*. Vol. 8. No 5 S 520 - 532.
- Mager, E.-G. u.a. (1985): *Beschäftigungsförderungsgesetz 1985. Kurzkomentar für die betriebliche Praxis*. Köln.
- Malhotra, Manoj K. et.al. (1992): A model for scheduling postal distribution employees in *European Journal of Operational Research*. 58. S. 374 - 385.
- March, James G./Simon, Herbert A. (1976) *Organisation und Individuum Menschliches Verhalten in Organisationen*. Wiesbaden.
- Märki, Hans (1974): *Analyse und Prognose der Personal- und Automatisationsentwicklung im schweizerischen Bankwesen*. Diss. Zürich.
- Marr, Rainer (1989): Chancen und Probleme einer Individualisierung der Arbeitszeit durch Zeitsparmodelle. in: Hax, Herbert/Kern, Werner/Schroder, Hans-Horst (Hrsg.): *Zeitaspekte in betriebswirtschaftlicher Theorie und Praxis*. Stuttgart. S. 315 - 329. Wiederabgedruckt in: Marr, Rainer (Hrsg.) (1993): *Arbeitszeitmanagement. Grundlagen und Perspektiven der Gestaltung flexibler Arbeitszeitsysteme*. 2. Aufl. Berlin. S 161 - 176.
- Marr, Rainer (1990): Schnittstellen des Arbeits- und Betriebszeitmanagements. in Ackermann, Karl-Friedrich/Hofmann, Matthias (Hrsg.). *Innovatives Arbeitszeit- und Betriebszeitmanagement*. Frankfurt am Main/New York. S. 343 - 360.
- Marr, Rainer (1995): Sozialverträgliche Arbeitszeitgestaltung. Konzeptionelle Überlegungen für ein betriebliches Arbeitszeitmanagement. in: Büssing, André/Seifert, Hartmut (Hrsg.): *Sozialverträgliche Arbeitszeitgestaltung*. München/Mering. S. 221 - 233.
- Marsten, Roy E./Muller, Michael R./Killion, Christine L. (1979): Crew Planning at Flying Tiger: a Successful Application of Integer Programming in: *Management Science*. Vol. 25. No. 12. S. 1175 - 1183.
- Marsten, Roy E./Shepardson, Fred (1981): Exact Solution of Crew Scheduling Problems Using the Set Partitioning Model: Recent Successful Applications. in: *Networks*. Vol. 11. S. 165 - 177.
- Martello, Silvano/Toth, Paolo (1986): A heuristic approach to the bus driver scheduling problem. in: *European Journal of Operational Research*. 24. S. 106 - 117.
- Matthies, Hildegard u.a. (1994): *Arbeit 2000. Anforderungen an eine Neugestaltung der Arbeitswelt Reinbek bei Hamburg*.
- May, Karl/Mohr, Eveline (1985): *Probleme und Realisierungschancen individueller Arbeitszeitmodelle. Beiträge zur Sozialökonomik der Arbeit*. Band 11. München.
- Mayer, Udo (1985): Zur Problematik zeitlich befristeter und zeitlich variabler Arbeitsverträge im Beschäftigungsförderungsgesetz. in: *Blätter für Steuerrecht, Sozialversicherung und Arbeitsrecht*. 40. Jg. H. 15. S. 225 - 230.
- McGinnis, L./Culver, W./Deane, R. (1978): One- and two-phase heuristics for workforce scheduling. in: *Computers and Industrial Engineering*. Vol. 2. S. 7 - 15.
- Meffert, Heribert (1969): Zum Problem der betriebswirtschaftlichen Flexibilität in: *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*. 39. Jg. H. 12. S. 779 - 800.

- Meffert, Heribert (1985). Größere Flexibilität als Unternehmungskonzept. in: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung 37. Jg. H. 2 S. 121 - 137.
- Mensch, Gerhard (1971): Zur Berücksichtigung mehrerer Zielfunktionen bei der Optimalen Personalanweisung. Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung 23. Jg. H. 4. S. 200 - 207.
- Mettler-Toledo GmbH (1995) Betriebsvereinbarung über die Flexible Arbeitszeitgestaltung. Albstadt.
- Meyer-Abich, Klaus Michael (1981): Energiepolitik in: Meyer-Abich, Klaus Michael/Schefold, Bertram (Hrsg.) Wie möchten wir in Zukunft leben - Der „harte“ und der „sanfte“ Weg. München S. 72 - 104
- Miller, Holmes E./Pierskalla, William P./Rath, Gustave J (1976). Nurse Scheduling Using Mathematical Programming in: Operations Research Vol. 24. No. 5. S. 857 - 870.
- Monroe, Gail (1970): Scheduling manpower for service operations. in. Industrial Engineering, August 1970. S. 10 - 17.
- Moondra, Shyan L. (1976) An L P Model for Work Force Scheduling for Banks. in: Journal of Bank Research Winter 1976. S. 299 - 301.
- Morris, James G./Showalter, Michael J. (1983): Simple Approaches to Shift, Days-off and Tour Scheduling Problems. in: Management Science Vol. 29 No. 8. S. 942 - 950.
- Moser, Gudrun (1979). Das Assignment-Problem im Personal-Informations-Entscheidungs-System. in: Reber, Gerhard (Hrsg.). Personalinformationssysteme. Stuttgart. S. 204 - 264.
- Muche, Gerhard (1989) Personalplanung bei gegebener Personalausstattung. Diss. Göttingen.
- Muche, Gerhard (1994): Multifunktionaler Einsatz von Personal in der Hotellerie. in: Operations Research Proceedings 1993. hrsg. v. Dyckhoff, H. u.a. Berlin u.a. S. 50 - 56.
- Mückenberger, Ulrich (1989): Der Wandel des Normalarbeitsverhältnisses unter Bedingungen einer „Krise der Normalität“. in: Gewerkschaftliche Monatshefte. 40. Jg. H. 4. S. 211 - 223.
- Muhr, Martin (1996): Zeitsparmodelle in der Industrie. Grundlagen und betriebswirtschaftliche Bedeutung mehrjähriger Arbeitszeitkonten. Diss. Wiesbaden.
- Müller-Mehrbach, Heiner (1979) Operations Research - mit oder ohne Zukunftschancen?. in: Kruger, K./Rühl, Gunter/Zink, Klaus J. (Hrsg.): Industrial Engineering und Organisations-Entwicklung. München. S. 291 - 311.
- Muller-Seitz, Peter (1991): Erfolgsfaktor Schichtarbeit?. Köln.
- Müller-Seitz, Peter (1996): Erfolgsfaktor Arbeitszeit Optimale Arbeitszeitsysteme aus betriebswirtschaftlich-arbeitswissenschaftlicher Sicht. München.
- Nasse, Jutta/Speck, Peter (1988): Die Kosten der Arbeitszeitflexibilisierung - dargestellt am Beispiel der Teilzeit. in: Sparkasse. 105. Jg. H. 6. S. 274 - 279.
- Neher, Hermann (1990): Modularbeitszeit. in: Ackermann, Karl-Friedrich/Hofmann, Matthias (Hrsg.): Innovatives Arbeitszeit- und Betriebszeitmanagement. Frankfurt am Main/New York. S. 441 - 463.
- Nemhauser, George L./Wolsey, Laurence A. (1988): Integer and Combinatorial Optimization. New York u.a.
- Neuberger, Oswald (1984): Rational, rationaler, irr rational, irrational. Über die Allgegenwart irrationalen Handelns in Organisationen. in: Blum, Reinhard/Steiner, Manfred (Hrsg.): Aktuelle Probleme der Marktwirtschaft in gesamt- und einzelwirtschaftlicher Sicht. Festgabe zum 65. Geburtstag von Louis Perridon. Berlin. S. 169 - 201.
- Neuffer, Manfred (1991): Das Hewlett-Packard Arbeitszeitmodell. Flexible Umsetzung der tariflichen Arbeitszeitverkürzung. in: Personalführung. 24. Jg. H. 10. S. 736 - 744.

- Neumann, Dirk (1997): Das neue Ladenschlußgesetz. 3. Aufl. München
- Neumann, Klaus/Morlock, Martin (1993): Operations Research. München/Wien
- Niehaus, Richard (1979): Computerunterstützte Personal-Zuordnungsmodelle: Gegenwärtiger Stand und Entwicklungstendenzen. in: Reber, Gerhard (Hrsg.): Personalinformationssysteme. Stuttgart. S. 265 - 279.
- Noelle-Neumann, Elisabeth (1979): Werden wir alle Proletarier? Wertewandel in unserer Gesellschaft. 2. Aufl. Zürich.
- Noss, Christian (1997): Zeit im Management. Reflexionen zu einer Theorie temporalisierter Unternehmenssteuerung. Wiesbaden.
- Oechsler, Walter A. (1997). Personal und Arbeit. Einführung in die Personalwirtschaft unter Einbeziehung des Arbeitsrechts. 6. Aufl. München/Wien.
- Opp, Karl-Dieter (1983): Die Entstehung sozialer Normen. Tübingen.
- Orth, Bernhard (1974): Einführung in die Theorie des Messens. Stuttgart u.a.
- Orth, Bernhard (1983): Grundlagen des Messens. in: Feger, Hubert/Bredenkamp, Jürgen (Hrsg.): Messen und Testen (Band 3 der Serie I (Forschungsmethoden der Psychologie) des Themenbereichs B (Methodologie und Methoden) der Enzyklopadie der Psychologie) Göttingen/Toronto/Zürich. S. 136 - 180.
- Ott, Erich (1987): Arbeitswissenschaft - Arbeitszeitflexibilisierung - Normalarbeitszeitstandard Auswirkungen der Arbeitszeitflexibilisierung auf arbeitswissenschaftliche Forschung, Erkenntnisse und Gestaltungspraxis. in: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft. 41. Jg. (13 NF). H. 3. S. 129 - 133.
- Otto, Hansjörg (1997): Einführung in das Arbeitsrecht. 2. Aufl. Berlin/New York.
- Ozkarahan, Irem/Bailey, James E. (1988): Goal Programming Model Subsystem of a Flexible Nurse Scheduling Support System. in: IIE Transactions. Vol. 20. No. 3. S. 306 - 316.
- Paías, Ana/Paixao, Jose (1993): State space relaxation for set covering problems related to bus driver scheduling in: European Journal of Operational Research. 71. S. 303 - 316.
- Paixao, Jose/Pato, Magarida (1989): A structural lagrangean relaxation for two-duty period bus driver scheduling problems. in: European Journal of Operational Research. 39. S. 213 - 222.
- Papadimitriou, Christos H./Steiglitz, Kenneth (1982): Combinatorial Optimization. Algorithms and Complexity. Englewood Cliffs/New Jersey.
- Pappás, Ioánnis (1967): Dynamic Job Assignment for Railway Personnel. in: Management Science. Vol. 13. No. 12. S. B-809 - B-816.
- Parker, Gary P./Rardin, Ronald L. (1988): Discrete Optimization. Boston u.a.
- Pauly, Markus (1997): Simulationsgestützte Personalmengenplanung am Beispiel der Ressource Crew einer Luftverkehrsgesellschaft. in: Kossbiel, Hugo (Hrsg.): Modellgestützte Personalausscheidungen. München/Mering. S. 57 - 76.
- Pelz, Frank M. (1987): Direktionsrecht und arbeitsvertraglicher Versetzungsbegriff. in: Boewer, Dieter (Hrsg.): Aktuelle Aspekte des Arbeitsrechts. Fest- und Jubiläumsschrift zum 65. Geburtstag und zum 30jährigen Bestehen des Arbeitsrechtlichen Arbeitskreises Dieter Gaul. Berlin u.a. S. 83 - 100.
- Pfander, Werner (1995): Das Hewlett-Packard Arbeitszeitsparmodell. in: Wagner, Dieter (Hrsg.): Arbeitszeitmodelle. Flexibilisierung und Individualisierung. Göttingen. S. 173 - 182.
- Promberger, Markus/Trinczek, Rainer (1993): „Stell Dir vor, es gibt Möglichkeiten zur flexiblen Gestaltung der Arbeitszeit, und sie werden kaum genutzt!“ Erfahrungen aus der betrieblichen

- Umsetzung von Tarifverträgen. in: Seifert, Hartmut (Hrsg.): *Jenseits der Normalarbeitszeit. Perspektiven für eine bedürfnisgerechtere Arbeitszeitgestaltung*. Köln. S. 104 - 129.
- Rademacher, Michael (1990): *Arbeitszeitverkürzung und -flexibilisierung. Formen und betriebliche Auswirkungen*. Diss. Wiesbaden.
- Randhawa, Sabah U./Sitompul, Darwin (1993): *A Heuristic-Based Computerized Nurse Scheduling System*. in: *Computers Ops Res.* Vol. 20. No 8. S. 837 - 844.
- REFA - Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e.V. (1992): *Methodenlehre des Arbeitsstudiums. Teil 2. Datenermittlung*. 7. Aufl. München.
- Reh, Dirk (1992): *Flexible Arbeitszeitformen in der Praxis*. in: *Personalwirtschaft*. 19. Jg. H. 12. S. 10 - 13.
- Reichardt, Robert (1984): *Wertstrukturen im Gesellschaftssystem - Möglichkeiten makrosoziologischer Analysen und Vergleiche*. in: Klages, Helmut/Kmieciak, Peter (Hrsg.): *Wertwandel und gesellschaftlicher Wandel*. 3. Aufl. Frankfurt am Main. S. 23 - 40.
- Reingold, Edward M./Nievergelt, Jurg/Deo, Narsingh (1977): *Combinatorial Algorithms. Theory and Practice*. Englewood Cliffs/New Jersey.
- Remer, Andreas (1974): *Aspekte einer zukunftsorientierten Personalbedarfsanalyse*. in: *Betriebliche Forschung und Praxis*. 26. Jg. H. 2. S. 93 - 106.
- Restle, Diether/Rockstroh, Matthias (1994): *Arbeitslosigkeit wirksam bekämpfen*. in: *Bundesarbeitsblatt*. H. 10. S. 15 - 20.
- Reuter, Dieter (1988): *Re-Individualisierung des Arbeitsverhältnisses?. Überlegungen zu einer Neubestimmung des Verhältnisses Tarifvertrag, Betriebsvereinbarung, Arbeitsvertrag*. in: Besters, Hans (Hrsg.): *Auflösung des Normalarbeitsverhältnisses?. Baden-Baden*. S. 29 - 48.
- Reuter, Dieter (1994): *Betriebsverfassung und Tarifvertrag*. in: *Recht der Arbeit*. 47. Jg. H. 3. S. 152 - 168.
- Rinderspacher, Jürgen P. (1981): *Arbeitszeit und Familie*. in: Rinderspacher, Jürgen P. (Hrsg.): *Neue Arbeitszeitregelungen - Auswirkungen auf Arbeitsmarkt und Arbeitsleben*. IIVG Papers. Veröffentlichungsreihe des Internationalen Instituts für vergleichende Gesellschaftsforschung. Wissenschaftszentrum Berlin. S. 47 - 64.
- Rinderspacher, Jürgen P. (1987): *Am Ende der Woche. Die soziale und kulturelle Bedeutung des Wochenendes*. Ein Gutachten für die IG Metall. Bonn.
- Rinderspacher, Jürgen P. (1988): *Warum nicht auch mal sonntags arbeiten?. Wochenendarbeit zwischen Wirtschaftlichkeit und Sozialverträglichkeit*. in: *Die Neue Gesellschaft*. Frankfurter Hefte. 35. Jg. Nr. 12. S. 1020 - 1032.
- Rinderspacher, Jürgen P. (1990): *Das Ende gemeinsamer Zeit*. in: *Evangelische Akademie Baden (Hrsg.): Droht das Ende der gemeinsamen Zeit?. Über flexible Arbeitszeit und Freizeit*. Herrenalber Protokolle. Band 78. Karlsruhe. S. 7 - 24.
- Rinderspacher, Jürgen P. (1994): *Wochenruhetage im interkulturellen Vergleich*. in: Rinderspacher, Jürgen P. (Hrsg.): *Die Welt am Wochenende. Entwicklungsperspektiven der Wochenruhetage - ein interkultureller Vergleich*. Bochum. S. 259 - 282.
- Rinderspacher, Jürgen P. (1995): *Arbeitszeit als Risiko - Sozialverträglichkeit zwischen Wunsch und Wirklichkeit*. in: Büssing, André/Seifert, Hartmut (Hrsg.): *Sozialverträgliche Arbeitszeitgestaltung*. München/Mering. S. 31 - 52.
- Risse, Heinz (1984): *Dynamische Arbeitszeit in der Fertigung*. in: *Angewandte Arbeitswissenschaft*. Nr. 99. März 1984. S. 3 - 44.

- Ritter, Ulrich (1997): Ergebnis statt Präsenz. in: Personalwirtschaft. Sonderheft 10/97. Flexible Arbeitszeit und Zeitwirtschaft. S. 13 - 17.
- Ritzman, Larry/Krajewski, LeRoy J./Showalter, Michael J. (1976): The Disaggregation of Aggregate Manpower Plans. in: Management Science. Vol. 22. No. 11. S. 1204 - 1214.
- Robinson, Joan (1988): Zeit in der ökonomischen Theorie. in: Seifert, Eberhard (Hrsg.): Ökonomie und Zeit - Beiträge zur interdisziplinären Zeitökonomie Frankfurt am Main. S. 53 - 65.
- Rosenbloom, E.S./Goertzen, N.F. (1987): Cyclic nurse scheduling. in: European Journal of Operational Research. 31. S. 19 - 23.
- Rubin, Jerrold (1973): A Technique for the Solution of Massive Set Covering Problems with Application to Airline Crew Scheduling. in: Transportation Science. Vol. 7. S. 34 - 48.
- Rutenfranz, Joseph/Knauth, Peter (1982): Schichtarbeit und Nacharbeit. Probleme - Formen - Empfehlungen. hrsg. vom Bayerischen Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung. München.
- Ryan, D.M. (1992): The Solution of Massive Generalized Set Partitioning Problems in Aircrew Rostering. in: Journal of the Operational Research Society. Vol. 43. No. 5. S. 459 - 467.
- Salewski, Frank (1995): Hierarchische Personaleinsatzplanung in Wirtschaftsprüfungsgesellschaften. Diss. Heidelberg.
- Salewski, Frank (1997): Design eines Entscheidungsunterstützungssystems zur hierarchischen Prüfeinsatzplanung. in: Kossbiel, Hugo (Hrsg.): Modellgestützte Personalentscheidungen. München/Mering. S. 9 - 28.
- Salewski, Frank (1998): Klassifikation von Dienstplanungsproblemen. in: Kossbiel, Hugo (Hrsg.): Modellgestützte Personalentscheidungen 2. München/Mering. S. 119 - 134.
- Salewski, Frank/Böttcher, Lars/Drexler, Andreas (1996): Prüffeldorientierte Zuordnung von Prüfern für die operative Personaleinsatzplanung in Wirtschaftsprüfungsgesellschaften. in: OR Spektrum. 18. S. 29 - 41.
- Saxenhofer, Peter (1993): Pausen. in: Baillod, Jürg u.a. (Hrsg.): Handbuch Arbeitszeit. 2. Aufl. Zürich. S. 317 - 327.
- Schäfer, Erich (1978): Der Industriebetrieb. Betriebswirtschaftslehre der Industrie auf typologischer Grundlage. 2. Aufl. Wiesbaden.
- Schanz, Günther (1984): Job-Sharing Handbuch. Hannover.
- Schanz, Günther (1993): Personalwirtschaftslehre. Lebendige Arbeit in verhaltenswissenschaftlicher Perspektive. 2. Aufl. München.
- Schlüchtermann, Jörg (1996): Planung in zeitlich offenen Entscheidungsfeldern. Wiesbaden.
- Schmid, Hans-Dieter/Trenk-Hinterberger, Peter (1994): Grundzüge des Arbeitsrechts. 2. Aufl. München.
- Schmidt, Ralf-Bodo/Schirmeister, Raimund (1989): Planungsrationität. in: Szyperski, Norbert (Hrsg.): Handwörterbuch der Planung. Stuttgart. Sp. 1477 - 1488.
- Schmidtchen, Gerhard (1984): Neue Technik - Neue Arbeitsmoral - eine sozialpsychologische Untersuchung über Motivation in der Metallindustrie. Köln.
- Schmidt-Sudhoff, Ulrich (1967): Unternehmerziele und unternehmerisches Zielsystem. Wiesbaden.
- Schneeweiß, Christoph (1989): Der Zeitaspekt in der Planung. in: Hax, Herbert/Kern, Werner/Schroder, Hans-Horst (Hrsg.): Zeitaspekte in betriebswirtschaftlicher Theorie und Praxis. (50. Wissenschaftliche Jahrestagung des Verbandes der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft e.V.) Stuttgart. S. 3 - 19.

- Schneeweiß, Christoph (1992): Planung 2. Konzepte der Prozeß- und Modellgestaltung. Berlin u.a.
- Schneeweiß, Christoph (1995): Flexibilität, Elastizität und Reagibilität. in: Kern, Werner/Schröder, Hans-Horst/Weber, Jürgen (Hrsg.): Handwörterbuch der Produktionswirtschaft. 2. Aufl. Stuttgart. Sp. 489 - 501.
- Schneeweiß, Christoph (1995a) Lernaspekte eines Decision Support Systems zur Arbeitszeitgestaltung. in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft. Ergänzungsheft 3/1995. Lernende Unternehmen. Schriftl. Horst Albach, Horst Wildemann. Wiesbaden. S. 79 - 91.
- Schneeweiß, Christoph/Kuhn, Martin (1990): Zur Definition und gegenseitigen Abgrenzung der Begriffe Flexibilität, Elastizität und Robustheit. in: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung. 42. Jg. H. 5. S. 378 - 395.
- Schneeweiß, Christoph/Wild, Bernhard (1992): Auswertung einer Erhebung zur Arbeitszeitflexibilisierung in der verarbeitenden Industrie. in: Schneeweiß, Christoph (Hrsg.): Kapazitätsorientiertes Arbeitszeitmanagement. Heidelberg. S. 61 - 87.
- Schneeweiß, Christoph/Wild, Bernhard (1996): Flexibilität und Disponibilität - Eine Analyse am Beispiel von Betriebsvereinbarungen zur Arbeitszeit. in: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung. 48. Jg. H. 10. S. 871 - 884.
- Schneeweiß, Christoph/Loinjak, Sinsa/Müller, Georg (1996): Festlegung einer Jahresarbeitszeitverteilung durch Optimierung von Schichtplänen. in: ORSpektrum. 18. S. 15 - 27.
- Schneider, Dietram (1987): Der kapazitätsorientierte Jahresarbeitszeitvertrag. München.
- Schneider, Karl (1981): Determinanten des Personalbedarfs, ihre Veränderungen im Zeitablauf und Möglichkeiten ihrer Berücksichtigung in der langfristigen Personalbedarfsplanung. Diss. Siegen.
- Schober, Walter (1991): Neue Werte und Technologien in der Personalwirtschaft. Diss. Wiesbaden.
- Scholl-Schaaf, Margret (1975): Werthaltung und Wertesystem. Ein Plädoyer für die Verwendung des Wertkonzeptes in der Sozialpsychologie Bonn.
- Scholz, Christian (1993): Personalmanagement: informationsorientierte und verhaltenstheoretische Grundlagen. 3. Aufl. München.
- Schuh, Sebastian/Schultes-Jaskolla, Gabriele/Stitzel, Michael (1993): Alternative Arbeitszeitstrukturen in: Marr, Rainer (Hrsg.). Arbeitszeitmanagement. Grundlagen und Perspektiven der Gestaltung flexibler Arbeitszeitsysteme. 2. Aufl. Berlin. S. 133 - 160.
- Schuller, Fritz (1993): Arbeitszeit bei der Hewlett-Packard GmbH - Strategie und betriebliche Erfahrungen. in: Marr, Rainer (Hrsg.): Arbeitszeitmanagement. Grundlagen und Perspektiven der Gestaltung flexibler Arbeitszeitsysteme. 2. Aufl. Berlin. S. 255 - 263.
- Schulte, Rolf (1996): Zeit und strategische Planung. Analyse der Zeitdimension zur Stützung der Unternehmenspraxis. Diss. Wiesbaden.
- Schultes-Jaskolla, Gabriele/Stitzel, Michael (1993): Arbeitszeit-Variation - ein Personalbeschaffungsinstrument?. in: Marr, Rainer (Hrsg.): Arbeitszeitmanagement. Grundlagen und Perspektiven der Gestaltung flexibler Arbeitszeitsysteme. 2. Aufl. Berlin. S. 363 - 382.
- Schuppe, Matthias (1988): Im Spiegel der Medien: Wertewandel in der Bundesrepublik - Eine empirische Analyse anhand von Stern, ZDF Magazin und Monitor im Zeitraum 1965 bis 1983. Frankfurt am Main.
- Schüren, Peter (1985): Anmerkung zum BAG-Urteil vom 12.12.84 - 7 AZR 509/ 83. Leistungsbestimmungsrecht des Arbeitgebers zu Umfang und Dauer der Arbeitszeit - Teilzeitarbeitnehmer. in: Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände (Hrsg.): Sammlung Arbeitsrechtlicher Entscheidungen (SAE). 39. Jg. H. 8. S. 362 - 364.

- Schüren, Peter (1993): Überstundenzuschläge für Teilzeitkräfte. in: *Neue Zeitschrift für Arbeitsrecht*. 10. Jg. H. 12. S. 529 - 532.
- Schüren, Peter/Zachert, Ulrich (1988): Tarifaufonomie und tarifdispositives Richterrecht. in: *Arbeit und Recht*. 41. Jg. H. 8. S. 245 - 251.
- Schusser, Walter (1986): Die betriebswirtschaftliche Beurteilung der Arbeitszeitflexibilisierung in der Metallindustrie. in: *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*. 38. Jg. H. 4. S. 302 - 316.
- Schwientek, Roland (1993): Kapazitätsorientierte Betriebszeiten - Betriebswirtschaftliche Aspekte flexibler Arbeitszeitgestaltung im Industriebetrieb. in: *Angewandte Arbeitswissenschaft*. Nr. 138. S. 1 - 22.
- Segal, M. (1974): The Operator Scheduling Problem: A Network Flow Approach. in: *Operations Research*. Vol. 22. S. 808 - 824.
- Seifert, Hartmut (1991): Mehr Zeitsouveränität durch variable Arbeitszeitgestaltung?. in: Semlinger, Klaus (Hrsg.): *Flexibilisierung des Arbeitsmarktes: Interessen, Wirkungen, Perspektiven* Frankfurt am Main/New York. S. 249 - 269.
- Seifert, Hartmut (1993): Arbeitszeitgestaltung jenseits der Normalarbeitszeit. in: Seifert, Hartmut (Hrsg.): *Jenseits der Normalarbeitszeit. Perspektiven für eine bedürfnisgerechtere Arbeitszeitgestaltung*. Köln. S. 271 - 288.
- Seifert, Hartmut (1995): Kriterien für eine sozialverträgliche Arbeitszeitgestaltung. in: Büssing, André/Seifert, Hartmut (Hrsg.): *Sozialverträgliche Arbeitszeitgestaltung*. München/Mering. S. 15 - 30.
- Seifert, Hartmut (1995a): Arbeitnehmerorientierte Arbeitszeitgestaltung: Mehr Beschäftigung, mehr Sozialverträglichkeit und mehr Zeitautonomie. in: Wagner, Dieter (Hrsg.): *Arbeitszeitmodelle. Flexibilisierung und Individualisierung*. Göttingen. S. 61 - 71.
- Seil, Hans-Jörg (1967): Die Quantifizierung betriebswirtschaftlicher Sachverhalte. Der Quantifizierungsbegriff, die Quantifizierungsmöglichkeiten sowie ihre Auswirkungen in betriebswirtschaftlicher Sicht. Diss. Braunschweig.
- Shepardson, Fred/Marsten, Roy E. (1980): A Lagrangean Relaxation Algorithm for the Two Duty Period Scheduling Problem. in: *Management Science*. Vol. 26. No. 3. S. 275 - 281.
- Showalter, Michael J./Mabert, Vincent A. (1988): An Evaluation of a Full-/Part-time Tour Scheduling Methodology. in: *International Journal of Operations and Production Management*. 7. S. 54 - 71.
- Siebel, Friedrich Wilhelm (1984): *Flexible Arbeitszeitgestaltung in der Metallindustrie. Die neuen tarifvertraglichen Arbeitszeitregelungen und Hinweise für ihre praktische Anwendung*. Köln.
- Siebel, Friedrich Wilhelm (1987): *Arbeitsmanagement im Zeichen der Flexibilisierung - Erfahrungen und Modelle aus der Metallindustrie*. in: Gehrman, Friedhelm/Becker, Thomas A. (Hrsg.): *Arbeitszeit-Flexibilisierung. Tarifpolitische Erfahrungen und neue Modelle in Westdeutschland, Österreich und der Schweiz*. Frankfurt am Main/New York. S. 79 - 86.
- Siferd, Sue Perrott/Benton, W.C. (1994): A decision modes for shift scheduling of nurses. in: *European Journal of Operational Research*. 74. S. 519 - 527.
- Simon, Herbert A. (1951): A Comparison of Organization Theories. in: Rand Corp. (Hrsg.): *Organization Theory. Beiträge aus den Jahren 1951 und 1957*. Santa Monica/Californien. P - 219.
- Smentek, Martin (1991): *Arbeitszeitflexibilisierung. Zwischen „kapitalistischer Zeitökonomie“ und „sozialer Zeitstruktur“*. Hamburg.
- Smith, L. Douglas (1976): The Application of an Interactive Algorithm to Develop Cyclic Rotational Schedules for Nursing Personnel. in: *INFOR*. Vol. 14. No. 1. S. 53 - 70.

- Smith, L. Douglas/Wiggins, A. (1977): A Computer-Based Nurse Scheduling System. in: *Computers and Operations Research*. Vol. 4. S. 195 - 212.
- Söllner, Alfred (1966): *Einseitige Leistungsbestimmung im Arbeitsverhältnis*. Wiesbaden.
- Söllner, Alfred (1994): *Grundriß des Arbeitsrechts*. 11. Aufl. München.
- Sowka, Hans-Harald/Köster, Hans-Wilhelm (1993): *Teilzeitarbeit und geringfügige Beschäftigung*. München.
- Spengler, Thomas (1993): *Lineare Entscheidungsmodelle zur Organisations- und Personalplanung*. Diss. Heidelberg.
- Spengler, Thomas (1995): *Mittel- und längerfristige Personalbeschaffungsplanung*. in: Berthel, Jürgen/Groenewald, Horst (Hrsg.): *Personal-Management*. 17. Nachlieferung. Landsberg/Lech. Kap. III. 2.3. S. 1 - 17.
- Spengler, Thomas (1998): *Flexible Personalplanung mit additiven und nicht-additiven Wahrscheinlichkeiten*. in: Kossbiel, Hugo (Hrsg.): *Modellgestützte Personalentscheidungen 2*. München/Mering S. 147 - 172.
- Sperling, Hans Joachim (1987): *Pausen. Zur Innenansicht der Arbeitszeit*. in: *Das Argument*. 29. Jg. H. 4. S. 505 - 511.
- Staudacher, Heribert P./Hellmann, Andrea (1997): *Teilzeitarbeit. Arbeitsrecht - Sozialrecht - Steuerrecht*. München/Berlin.
- Steindorff, Ernst (1988): *Gleichbehandlung von Mann und Frau nach dem EG-Recht*. in: *Recht der Arbeit*. 41. Jg. H. 3. S. 129 - 136.
- Stepan, Adolf/Fischer, Edwin O. (1992): *Betriebswirtschaftliche Optimierung. Einführung in die quantitative Betriebswirtschaftslehre*. 3. Aufl. München/Wien.
- Stevens, S.S. (1946): *On the Theory of Scales of Measurement*. in: *Science*. Vol. 103. No. 2684. S. 677 - 680.
- Stevens, S.S. (1951). *Mathematics, Measurement, and Psychophysics*. in: Stevens, S.S. (Hrsg.): *Handbook of Experimental Psychology*. New York/London. S. 1 - 49.
- Suhl, Leena (1993): *Entscheidungsunterstützende Systeme bei der Produktionsplanung in Fluggesellschaften*. in: *Wirtschaftsinformatik*. 35. Jg. H. 6. S. 542 - 550.
- Suhl, Leena (1995): *Computer-aided scheduling: an airline perspective*. Habil. Wiesbaden.
- Swart, William/Donno, Luca (1981): *Simulation Modeling Improves Operations, Planning, and Productivity of Fast Food Restaurants*. in: *Interfaces*. Vol. 11. No. 6. S. 35 - 47.
- Taha, Hamdy A. (1975): *Integer Programming. Theory, Applications, and Computations*. New York/San Francisco/London.
- Taylor, Philip E./Huxley, Stephen J. (1989): *A Break from Tradition for the San Francisco Police: Patrol Officer Scheduling Using an Optimization-Based Decision Support System*. in: *Interfaces*. Vol. 19. No. 1. S. 4 - 24.
- Teichmann, Heinz (1989): *Zeitliche Strukturierung des Planungsproblems*. in: Szyperki, Norbert (Hrsg.): *Handwörterbuch der Planung*. Stuttgart. Sp. 2270 - 2277.
- Teriet, Bernhard (1976): *Neue Strukturen der Arbeitszeitverteilung*. Göttingen.
- Teriet, Bernhard (1977): *Schichtarbeit zwischen Standardisierung und Flexibilisierung*. in: *Personal*. 29. Jg. H. 5. S. 178 - 181.
- Teriet, Bernhard (1977a): *Die Wiedergewinnung der Zeitsouveränität*. in: *Technologie und Politik*. Band 8. Reinbeck bei Hamburg. S. 75 - 111.

- Teriet, Bernhard (1978): Zeitökonomie, Zeitsouveränität und Zeitmanagement in der Bundesrepublik Deutschland - eine Zwischenbilanz. in: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft. 32. Jg (4 NF). H. 2 S. 112 - 118.
- Teriet, Bernhard (1983): Mit mehr Zeitsouveränität zu einer neuen Arbeitszeitökonomie und zu einer größeren Arbeitszeitflexibilität. in: Gottlieb Duttweiler Institut für wirtschaftliche und soziale Studien (Hrsg.): Arbeit - Beispiele für ihre Humanisierung. Erfahrungen, Berichte, Analysen. Olten/Freiburg. S. 73 - 86.
- Theunert, Manfred (1995): Das Regensburger Modell von BMW. Ein neuer Weg für Schichtarbeit und Gleitzeit. in: Büssing, André/Seifert, Hartmut (Hrsg.): Sozialverträgliche Arbeitszeitgestaltung. München/Mering. S. 235 - 242.
- Thoben, Cornelia (1991): Die Erosion von Normalarbeitszeitstandards. in: Friedrich, Peter/Groß, Peter (Hrsg.): Arbeitszeitveränderungen in wirtschaftlicher, gesellschaftlicher und ethischer Sicht. Baden-Baden. S. 96 - 113.
- Thompson, Gary M. (1990): Shift Scheduling in Services When Employees Have Limited Availability. An L. P. Approach. in: Journal of Operations Management. Vol. 9. No. 3. S. 352 - 370.
- Thompson, Gary M. (1992): Improving the Utilization of Front-Line Service Delivery System Personnel. in: Decision Sciences. Vol. 23. S. 1072 - 1098.
- Thompson, Gary M. (1995): Improved Implicit Optimal Modeling of the Labor Shift Scheduling Problem. in: Management Science. Vol. 41. No. 4. S. 595 - 607.
- Thompson, Gary M. (1996): A Simulated-Annealing Heuristic for Shift Scheduling Using Non-Continuously Available Employees. in: Computers & Operations Research. Vol. 23. No. 3. S. 275 - 288.
- Thompson, Gary M. (1996a): Controlling Action Times in Daily Workforce Schedules in. Cornell. Hotel and Restauration Administration Quarterly. April 1996. S. 82 - 96.
- Thyssen Industrie AG Henschel, Kassel/ABB Henschel Lokomotiven GmbH (1991) Betriebsvereinbarung über die Gleitende Arbeitszeit. Kassel.
- Thyssen Stahl AG (1996): Betriebsvereinbarung zwischen dem Vorstand und dem Gesamtbetriebsrat der Thyssen Stahl Aktiengesellschaft zur Einführung von individuellen Arbeitszeitkonten Duisburg.
- Thyssen Stahl AG, Personal-/Sozialwirtschaft, Arbeitswirtschaft (1995): Arbeitszeitflexibilisierung durch mehr Teilzeitbeschäftigung auch bei Thyssen Stahl (Erläuterungen zur Betriebsvereinbarung vom 27.06.95). Duisburg.
- Tibrewala, R./Philippe, D./Browne, J. (1972): Optimal Scheduling of Two Consecutive Idle Periods in: Management Science. Vol. 19. No. 1. S. 71 - 75.
- Tränkle, Ulrich (1985): Statistische Methoden in der Psychologie. Darmstadt.
- Ulich, Eberhard (1970): Periodische Einflüsse auf die Arbeit. in: Mayer, Arthur/Herwig, Bernhard (Hrsg.): Handbuch der Psychologie. 9. Band. Betriebspsychologie. Göttingen. S. 278 - 301.
- Utsch, Jürgen (1981): Flexible Arbeitszeit: Bedingungen und Ziele der Durchführung flexibler Arbeitszeiten unter besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung bei mechanischer Technologie. Diss. Frankfurt am Main/Thun.
- Vaessens, Robert J. (1995): Generalized Job Shop Scheduling: Complexity and Local Search Eindhoven.
- Vakharia, AJ./Selim, HS./Husted, RR. (1992): Efficient Scheduling of Part-Time Employees. in: Omega. International Journal of Management Science. Vol. 20. No. 2. S. 201 - 213.

- Verband der Druckindustrie Niedersachsen e.V./Landesverband Druck Bremen e.V./IG Medien, Landesbezirk Niedersachsen-Bremen/DAG, Landesverband Niedersachsen-Bremen (1989): Manteltarifvertrag für Angestellte. Hannover/Bremen.
- Verband der Metall- und Elektro-Unternehmen Hessen e.V. (1997): Gemeinsamer Manteltarifvertrag für Arbeiter und Angestellte in der Eisen-, Metall- und Elektroindustrie des Landes Hessen vom 15. Januar 1982. 54. Ergänzungslieferung. Gültig ab 1. Januar 1997. Frankfurt am Main.
- Vohra, Rakesh V. (1987): The Cost of Consecutivity in the (5, 7) Cyclic Staffing Problem. in: IIE Transactions. Vol. 19. No 3. S. 296 - 299.
- Vohra, Rakesh V. (1988): A Quick Heuristic for Some Cyclic Staffing Problems with Breaks. in: Journal of the Operational Research Society. Vol. 39. No. 11. S. 1057 - 1061.
- Volberg, Karin (1981): Zur Problematik der Flexibilität menschlicher Arbeit. Düsseldorf.
- Wächter, Hartmut (1974): Praxis der Personalplanung. Herne.
- Wagner, Dieter (1993): Arbeitszeit und Wertewandel. in: Marr, Rainer (Hrsg.): Arbeitszeitmanagement. Grundlagen und Perspektiven der Gestaltung flexibler Arbeitszeitsysteme. 2. Aufl. Berlin. S. 299 - 321.
- Walker, Wolf-Dietrich (1996): Möglichkeiten und Grenzen einer flexibleren Gestaltung von Arbeitsbedingungen - Das Spannungsverhältnis zwischen Tarifautonomie und Betriebsautonomie. in: Zeitschrift für Arbeitsrecht. 27. Jg. H. 2. S. 353 - 381.
- Warner, D. Michael (1976): Scheduling Nursing Personnel According to Nursing Preference: A Mathematical Programming Approach. in: Operations Research. Vol. 24. No 5. S. 842 - 856.
- Warner, D. Michael/Prawda, Juan (1972): A Mathematical Programming Model for Scheduling Nursing Personnel in a Hospital. in: Management Science. Vol. 19. No. 4. S. 411 - 421.
- Wäscher, Gerhard (1996): Zeitkomponenten, faktor- und auftragsbezogene. in: Kern, Werner/Schroder, Hans-Horst/Weber, Jürgen (Hrsg.): Handwörterbuch der Produktionswissenschaft. 2. Aufl. Stuttgart. Sp. 2288 - 2306.
- Weber, Judith (1997): Arbeitszeitflexibilisierung und ihre Berücksichtigung in optimierenden Personalplanungsmodellen - die implizite Bestimmung der täglichen Arbeits- und Pausenzeit unter expliziter Berücksichtigung der rechtlichen Regelungen des Arbeitszeitgesetzes. in: Kossbiel, Hugo (Hrsg.): Modellgestützte Personalentscheidungen. München/Mering. S. 29 - 56.
- Weiss, Manfred (1980): Betriebsverfassungsgesetz. Ein Kommentar für Studium und Praxis. Baden-Baden.
- Weisser, Wilhelm (1984): Der Kampf um die Arbeitszeit in der Metallindustrie 1984. Köln.
- Welslau, Dietmar (1997): Tarifrecht läßt wenig Spielräume. in: Personalwirtschaft. 24. Jg. H. 8. S. 38 - 43
- Welzmüller, Rudolf (1987): Personalzusatzkosten - Gefahr für die Wettbewerbsfähigkeit oder Nebenschauplatz im Verteilungskonflikt? WSI Arbeitsmaterialien Nr. 17. Düsseldorf.
- Weuster, Arnulf (1987) Berechnung und Steuerung der Personalnebenkosten. in: Personalwirtschaft 14. Jg. H. 6 S. 245 - 250.
- Wiesenthal, Helmut (1986): Kriterien für eine sozialverträgliche Arbeitszeitgestaltung. in: Held, Martin/Schanz, Werner (Hrsg.): Arbeitszeitpolitik. Wer setzt das Maß für die „Arbeitszeit nach Maß“?. epd Dokumentation Nr. 51. Frankfurt am Main. S. 33 - 38.
- Wild, Bernhard (1995): Die Flexibilität von Betriebsvereinbarungen zur Arbeitszeit. Diss. Heidelberg

- Wildemann, Horst (1990): Wettbewerbs- und mitarbeiterorientiertes Zeitmanagement in Produktion und Logistik. in: Zahn, Erich (Hrsg.): Organisationsstrategie und Produktion. München. S. 59 - 112.
- Wildemann, Horst (1992): Betriebswirtschaftliche Bewertung flexibler Arbeits- und Betriebszeiten. in: Wildemann, Horst (Hrsg.): Zeitmanagement. Strategien zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit. Frankfurt am Main. S. 123 - 143.
- Williams, H.P. (1985): Model building in mathematical programming. 2. Aufl. Chichester u.a.
- Willis, Robert J./Huxford, Stephen B. (1991): Staffing Rosters with Breaks - a Case Study. in: Journal of the Operational Research Society. Vol. 42. No. 9. S. 727 - 731.
- Winderlich, Ute (1990): Die Pausenregelung im Dreischichtbetrieb. in: Der Betrieb. 43. Jg. H. 35. S. 1767 - 1770.
- Wittlage, Helmut (1995): Personalbedarfsermittlung. München/Wien.
- Wittmann, Waldemar (1982): Betriebswirtschaftslehre Band 1. Grundlagen, Elemente, Instrumente. Tübingen.
- Wlotzke, Otfried (1984): Zum arbeitsrechtlichen Teil des Regierungsentwurfes eines Beschäftigungsförderungsgesetzes 1985 - Ein Bericht. in: Neue Zeitschrift für Arbeitsrecht. 2. Jg. H. 7. S. 217 - 222.
- Wobbe, G./Hettinger, Th. (1993): Kompendium der Arbeitswissenschaft. Optimierungsmöglichkeiten zur Arbeitsgestaltung und Arbeitsorganisation. Ludwigshafen.
- Wunderli, Rene (1979): Alternative Formen der Arbeitszeitgestaltung. in: Psychosozial. 2. Jg. H. 1. S. 77 - 99.
- Zimmermann, Hans-Jürgen (1992): Operations Research Methoden und Modelle. Für Ingenieure, Ökonomen und Informatiker. 2. Aufl. Braunschweig/Wiesbaden.
- Zmarzlik, Johannes (1993): Entwurf eines Arbeitszeitgesetzes. in: Betriebs-Berater. 48. Jg. H. 28. S. 2009 - 2016.
- Zmarzlik, Johannes (1994): Das neue Arbeitszeitgesetz. in: Der Betrieb. 47. Jg. H. 21. S. 1082 - 1086.
- Zmarzlik, Johannes/Anzinger, Rudolf (1995): Kommentar zum Arbeitszeitgesetz. Heidelberg.
- Zöllner, Wolfgang/Loritz, Karl-Georg (1998): Arbeitsrecht. Ein Studienbuch. 5. Aufl. München
- Zwicker, Eckart (1989): Zeitbezug von Planung. in: Szyperski, Norbert (Hrsg.): Handwörterbuch der Planung. Stuttgart. Sp. 2243 - 2249.

Ausgewählte Veröffentlichungen im Rainer Hampp Verlag

Hugo Kossbiel (Hg.): Modellgestützte Personalentscheidungen

ISBN 3-87988-238-X, Rainer Hampp Verlag, München u. Mering 1997, 160 S., DM 39.80

Hugo Kossbiel (Hg.): Modellgestützte Personalentscheidungen 2

ISBN 3-87988-300-9, Rainer Hampp Verlag, München und Mering 1998, 172 S., DM 39.80

Hugo Kossbiel (Hg.): Modellgestützte Personalentscheidungen 3

ISBN 3-87988-381-5, Rainer Hampp Verlag, München u. Mering 1999, 175 S., DM 44.40

Das betriebliche „Personalwesen“ ist traditionell ein Bereich, in dem die Praxis mehr auf gesunden Menschenverstand und Fingerspitzengefühl setzt als auf wissenschaftliche Erkenntnisse und methodisches Wissen. An diesem Zustand ist die „Theorie“ nicht schuldlos, da sie sich der „Praxis“ allzu häufig in einer Weise nähert, die sie nur in einem sehr einschränkenden Sinne attraktiv macht: Eine seltsame Mischung aus fehlgeleiteter Praxisorientierung und erwerbswirtschaftlich motiviertem Mimikry ist nicht selten der Grund dafür, daß der Praxis das als wissenschaftliche Erkenntnis angeboten wird, was sie selbst herausgefunden hat und was sie sich „aus berufenem Mund“ gern noch einmal bestätigen läßt.

Es ist wohl dieser unbefriedigende Zustand des Theorie-Praxis-Verhältnisses, der junge Wissenschaftler und wissenschaftsverbundene Praktiker dazu geführt hat, gemeinsam über personalwirtschaftliche Probleme und ihre theoriegeleitete bzw. modellgestützte Lösung nachzudenken. Die vorliegenden Aufsatzsammlungen enthalten dazu einschlägige Beiträge, die jeweils im Herbst 1996, 1997 bzw. 1998 auf den Workshops an der Universität Frankfurt präsentiert wurden.

Antje Fürst: Auftragsfolge- und Personalplanung. Entscheidungsmodelle zu ausgewählten Job-Shop-Scheduling- und Personalbereitstellungsproblemen

ISBN 3-87988-242-8, Rainer Hampp Verlag, München u. Mering 1997, 340 S., DM 59.80

Entscheidungsmodelle zur Auftragsfolge- und Personalplanung müssen - im einfachsten Fall - ein zweifaches Zuordnungsproblem bewältigen: Im Rahmen der Auftragsfolgeplanung ist zu bestimmen, welchen Maschinen wann die zur Bearbeitung anstehenden Aufträge - die durch vorgegebene Bearbeitungsfolgen gekennzeichnet sind - zugeordnet werden. Im Rahmen der Personalplanung ist zu bestimmen, welche Arbeitskräfte wann an den zur Auftragsbearbeitung eingesetzten Maschinen bereitgestellt werden sollen. Dieses zweifache Zuordnungsproblem wird um zusätzliche Allokationsprobleme erweitert, wenn von Mehrdeutigkeit der Maschinen z.B. hinsichtlich Funktionalität, Intensität und Betriebszeiten und/oder von Mehrdeutigkeit der Arbeitskräfte z.B. hinsichtlich Bereitstellung, Verwendung und Arbeitszeit ausgegangen wird. In dieser Arbeit werden zu ausgewählten Bedingungskonstellationen der Maschinen- und Personalausstattung Entscheidungsmodelle zur Auftragsfolge- und Personalplanung formuliert und mit Beispielen unterlegt.

Frank Kieper: Dynamisches Erfolgscontrolling als Lösungsansatz für das betriebliche Personalkostenmanagement

ISBN 3-87988-197-9, Rainer Hampp Verlag, München und Mering 1996, 238 S., DM 49.80

Personalkosten sind national und international zu einem entscheidenden Wettbewerbsfaktor geworden. Die optimale Gestaltung der Personalkosten stellt eine der größten Herausforderungen dar. Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht in der Entwicklung eines normativen Ansatzes zur wirtschaftlichen Gestaltung der Personalkosten im Rahmen eines dynamischen Erfolgscontrollingsystems.

Konkret vorgestellt werden Instrumente zur Planung, Koordination und Kontrolle spezifischer Personalkostenarten, die auch bei modernen Formen der Arbeitsorganisation Anwendung finden. Dabei ist ihr Einsatzbereich nicht auf einzelne Branchen beschränkt.

Allgemeine Bedeutung gewinnt die vorliegende Arbeit dadurch, daß personalwirtschaftliche Zusammenhänge transparent gemacht werden. Auf diese Weise eröffnen sich kostenrechnerische Diskussionen ebenso wie praktische Anwendungen für das Personalkostenmanagement.

Uschi Backes-Gellner, Matthias Kräkel, Linus Geil (Hg.): Quantitative und qualitative Personalanpassungsstrategien – personalökonomische Analysen ihrer institutionellen Bedingtheit und ihrer Konsequenzen. Beiträge zum 1. Köln-Bonner Kolloquium zur Personalökonomie

Beiträge zur Personal- und Organisationsökonomik, hrsg. von Uschi Backes-Gellner und Matthias Kräkel, Band 1

ISBN 3-87988-332-7, Rainer Hampp Verlag, München und Mering 1998, 188 S., DM 42.80

Um geänderten Absatzmarkt- und Wettbewerbsbedingungen sowie neuen technologischen Anforderungen gerecht werden zu können, müssen Unternehmen in ihrem jeweiligen Kontext ständig Anpassungen der Personalausstattung vornehmen. Neben Einstellungen und Entlassungen sind dies insbesondere Umbesetzungen und Höherqualifizierungen und die in diesem Zusammenhang notwendigen Lohn- und Vergütungsanpassungen. Die in diesem Sammelband vorgelegten Arbeiten beschäftigen sich im weitesten Sinne mit den besonderen Problemen und Konsequenzen quantitativer und qualitativer Personalanpassungsstrategien. So werden von den Autoren einerseits verschiedene Anpassungsstrategien und deren einzelbetriebliche Rationalität analysiert, andererseits werden die Wirkungen unterschiedlicher institutioneller Rahmenbedingungen auf sowie die gesamtwirtschaftlichen Konsequenzen von betrieblichen Anpassungsstrategien untersucht.

Uschi Backes-Gellner: Betriebliche Bildungs- und Wettbewerbsstrategien im deutsch-britischen Vergleich. Ein Beitrag der Personalökonomie zur internationalen Betriebswirtschaftslehre

International vergleichende Schriften zur Personalökonomie und Arbeitspolitik, hrsg. von Rolf Birk und Dieter Sadowski, Band 5

ISBN 3-87988-199-5, Rainer Hampp Verlag, München und Mering 1996, 353 S., DM 59.80

Flexible Arbeitszeiten in der Personalplanung

In einem Unternehmen entstehen temporale Personaleinsatzprobleme immer dann, wenn die Dauer und Lage der Betriebszeit mit der Dauer und Lage der von den Arbeitskräften zur Verfügung gestellten Arbeitszeit nicht übereinstimmen. Zu ihrer Lösung sind Einsatzpläne zu generieren, die die Erfüllung der Betriebsaufgaben sicherstellen, die rechtlichen Rahmenbedingungen bzgl. der Gestaltung flexibler Arbeitszeit einhalten und – soweit möglich – Arbeitszeitwünsche der Mitarbeiter berücksichtigen. In der vorliegenden Arbeit werden dazu die Kriterien flexibler Arbeitszeiten sowie zentrale arbeitszeitrechtliche Regelungen analysiert und mit Hilfe der impliziten Modellierung in Personalplanungsmodelle für die Planung stundenbezogener Arbeitszeiten für den Planungszeitraum Tag (shift-scheduling), tagesbezogener Arbeitszeiten für ein- und mehrwöchige Planungszeiträume (days-off-scheduling) sowie stundenbezogener Arbeitszeiten für ein- und mehrwöchige Planungszeiträume (tour-scheduling) integriert. Die Lösung der Modelle weist – entgegen dem sonst üblichen Vorgehen der impliziten Modellierung – stets komplette Arbeitszeitmuster aus. Die Planungsbereiche werden um die Problemstellung des Vorliegens unterschiedlicher Tätigkeiten und mehrfachqualifizierter Arbeitskräfte erweitert und mit Beispielen belegt.

Judith Weber wurde 1966 in Frankfurt am Main geboren. Nach ihrer Schulzeit und anschließender Lehre zur Bankkauffrau studierte sie von 1988 bis 1994 Betriebswirtschaftslehre an den Universitäten in Frankfurt am Main und Bern. Von 1994 bis 1999 war sie wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Professur für Personalwirtschaft der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main.

