

**Personalbestandsplanung und
aggregierte Personaleinsatzplanung
in Inbound Call Centern**

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DES AKADEMISCHEN GRADES
EINES DOKTORS DER WIRTSCHAFTSWISSENSCHAFT
DES FACHBEREICHS WIRTSCHAFTSWISSENSCHAFT
DER FREIEN UNIVERSITÄT BERLIN

von

Nicole Rossi

aus Kassel

eingereicht im Dezember 2006

Erstgutachter: Univ.-Prof. Dr. Christoph Haehling von Lanzenauer

Zweitgutachter: Univ.-Prof. Dr. Peter Mevert

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Jörg Sydow

Tag der Disputation: 21. Mai 2007

Danksagung

Diese Arbeit wäre in der vorliegenden Form ohne die Zusammenarbeit mit dem Call Center der Mercedes-Benz Niederlassung Berlin nicht möglich gewesen. An dieser Stelle möchte ich ganz herzlich Herrn Michael Zuth danken. Er stand einer Zusammenarbeit offen gegenüber, engagierte sich sehr und hat damit einen maßgeblichen Anteil am Gelingen des praxisbezogenen Teils. Darüber hinaus bin ich Frau Martina Roggatz sehr verbunden. Sie stellte die maßgeblichen Fragen und gab damit der Arbeit die entscheidenden Anregungen. Weiterhin möchte ich Frau Bollinger, Frau Brandt, Herrn Jossen, Frau Gärtner und Herrn Ohnemus meinen Dank aussprechen für ihre Unterstützung und Bereitschaft zur Beantwortung der zahlreichen Fragen.

Mein ganz besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Christoph Haehling von Lanzener. Er weckte in mir die Begeisterung für das Thema der Personaleinsatzplanung und verstand es, die Motivation auch in schwierigen Zeiten aufrecht zu erhalten. Er stand mir mit seinen Ideen und seiner Expertise zur Seite und nahm sich immer Zeit für die Belange der Arbeit. Mein spezieller Dank gilt Herrn Prof. Dr. Peter Mevert für seine stets vorhandene Hilfsbereitschaft, die wertvollen fachlichen Anregungen zur mathematischen Optimierung und die Begutachtung der Arbeit.

Darüber hinaus gibt es viele Menschen, die mich während der Entstehung meiner Arbeit tatkräftig unterstützt haben. Allen voran möchte ich mich bei Dr. Raik Stolletz für die kritische und konstruktive Auseinandersetzung sowie für die wertvollen Diskussionen und Kommentare bedanken. Dr. Monika Huesmann und Dr. Uta Bronner danke ich für ihre strukturellen Anregungen. Dank möchte ich ebenfalls meinem Vater, Bernhard Schmidt und Daniela Berner für ihren Einsatz beim Korrekturlesen der Arbeit aussprechen.

Mein größter Dank jedoch gebührt meinem Mann Hanjo für seine fachlichen Anregungen und seine Motivation. Er kompensierte mit viel Geduld meinen Zeitmangel für die Familie und verzichtete auf viele gemeinsame Aktivitäten.

Nicole Rossi

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
2.	Charakterisierung eines Inbound Call Centers und Problematik der Abstimmung von Angebot und Nachfrage	6
2.1	Begriffsdefinition und Einordnung	7
2.2	Spezifische Ressourcen eines Call Centers	11
2.3	Darstellung des Anrufablaufs	15
2.4	Ziele von Inbound Call Centern und Maßzahlen zu deren Umsetzung	17
2.4.1	Kosten versus Service	17
2.4.2	Kundenzufriedenheit	18
2.4.2.1	Definition der Kundenzufriedenheit	18
2.4.2.2	Maßzahlen	22
2.4.2.3	Aggregation der Maßzahlen	27
2.4.3	Kosten	28
2.4.4	Gewinn	31
2.4.5	Umgang mit konkurrierenden Zielen	32
2.5	Synchronisation von Angebot und Nachfrage	34
2.5.1	Nachfrageverlauf	34
2.5.2	Beeinflussung der Nachfrage	37
2.5.3	Anpassung des Personalangebotes an die Nachfrage	40
2.5.3.1	Personalbedarf	40
2.5.3.2	Anpassungsmaßnahmen	42
2.5.3.3	Rechtliche Rahmenbedingungen	48
2.5.4	Bedeutung der Übereinstimmung von Personalbedarf und Personalangebot	51
2.6	Abstimmung von Personalbestand und Personaleinsatz	51
2.6.1	Definition der Personalbestands- und der Personaleinsatzplanung	52
2.6.2	Notwendigkeit einer kombinierten Personalbestands- und Personaleinsatzplanung	57
2.7	Überblick über den weiteren Verlauf der Arbeit	62
3.	Personalbedarfsermittlung als Basis der Personalbestands- und Personaleinsatzplanung	66
3.1	Determinanten des Personalbedarfs	67
3.2	Vorhersage der Nachfrage	69
3.3	Anforderungen an die Methoden der Personalbedarfsermittlung	73

3.4	Methoden zur Ermittlung des kurzfristigen Personalbedarfs	75
3.4.1	Regressionsanalyse	76
3.4.2	Warteschlangenmodelle	77
3.4.2.1	Charakterisierung eines Warteschlangenmodells für Call Center mit homogenen Kunden und Agenten	78
3.4.2.2	Auswahl eines geeigneten Warteschlangenmodells	81
3.4.2.3	Beschreibung des $M/M/c/K+M$ -Warteschlangenmodells	82
3.4.2.4	Personalbedarfsermittlung basierend auf dem Warteschlangenmodell	87
3.4.2.5	Beispiele und Anwendungen	90
3.5	Methode zur Ermittlung des mittelfristigen Personalbedarfs	96
3.6	Zusammenfassung der Ergebnisse der Personalbedarfsermittlung	100
4.	Literaturüberblick zur Personaleinsatz- und Personalbestandsplanung	102
4.1	Personaleinsatzplanung	103
4.1.1	Einordnung	103
4.1.2	Set Covering Formulierungen für die Personaleinsatzplanung	106
4.1.2.1	Das Set Covering Modell von Dantzig	106
4.1.2.2	Variation der Zielfunktion und zusätzliche Nebenbedingungen	108
4.1.2.3	Modellformulierungen bei gegebenem Personalbestand	110
4.1.3	Lösbarkeit der Set Covering Formulierung	114
4.1.3.1	Modellstruktur	114
4.1.3.2	Anzahl an Variablen	115
4.1.4	Ansätze zur Reduktion der Arbeitszeitmuster	119
4.1.5	Lösungsverfahren	125
4.1.5.1	Einordnung der Lösungsverfahren	126
4.1.5.2	Exakte Verfahren	129
4.1.5.3	Heuristische Lösungsverfahren des Set Covering Ansatzes ...	132
4.1.5.3.1	Grundlegende Prinzipien der Heuristiken	132
4.1.5.3.2	Konstruktive Verfahren und serielle Dekompositionsansätze	137
4.1.5.3.3	LP-basierte Verfahren	140
4.1.5.3.4	Metaheuristiken	144
4.1.5.3.5	Beurteilung der heuristischen Verfahren	150
4.1.5.4	Implizite Modellierung	155
4.1.6	Simultane Personalbedarfs- und Personaleinsatzplanung	164

4.2	Komponenten der Personalbestandsplanung.....	165
4.2.1	Dynamische Personalbestandsplanung.....	166
4.2.1.1	Einfache Modelle	167
4.2.1.2	Mehrperiodenmodelle	168
4.2.2	Jahresarbeitszeitverteilung und geplante Fehlzeiten	171
4.2.3	Zusammensetzung der vereinbarten Arbeitszeiten.....	176
4.3	Zusammenfassung	177
5.	Modelle zur Personalbestands- und Personaleinsatzplanung.....	181
5.1	Modell zur Personalbestands- und aggregierten Personaleinsatzplanung <i>PBaPEP</i>	182
5.1.1	Modellannahmen	182
5.1.2	Beschreibung des Modells.....	193
5.1.2.1	Zeitachsen des Modells	194
5.1.2.2	Definition der Mengen, Parameter und Entscheidungsvariablen.....	196
5.1.2.3	Mathematische Formulierung des Modells	199
5.1.3	Auswahl eines Lösungsverfahrens	204
5.1.4	Heuristische Lösungsverfahren für das Modell <i>PBaPEP</i>	209
5.1.4.1	Lösungsverfahren <i>trelBrJo</i> mit sequentieller Erweiterung der Ganzzahligkeitsfenster	209
5.1.4.2	Lösungsverfahren <i>reLLB</i> mittels Aufrunden der Lower Bounds der Schichtvariablen.....	213
5.1.4.3	Kombiniertes Lösungsverfahren <i>LBBBrJo</i>	216
5.1.4.4	Vergleich der Lösungsverfahren	217
5.2	Modell zur wöchentlichen Personaleinsatzplanung bei gegebenem Personalbestand <i>PEP_w</i>	218
5.3	Zusammenfassung der Modelle.....	225
6.	Numerische Untersuchungen	227
6.1	Funktionsfähigkeit der vorgeschlagenen Lösungsverfahren des Modells <i>PBaPEP</i>	228
6.1.1	Testprobleme	228
6.1.1.1	Personalbedarf.....	229
6.1.1.1.1	Personalbedarf der Mercedes-Benz Niederlassung Berlin.....	229
6.1.1.1.2	Künstlich erzeugter Personalbedarf.....	234
6.1.1.2	Festsetzung der verbleibenden Parameter	238

6.1.2	Numerische Untersuchung der Testprobleme mittels der beschriebenen Lösungsverfahren	241
6.1.2.1	Vergleich der Lösungsverfahren	242
6.1.2.2	Verfahrensvarianten der Heuristik <i>reLLB</i>	245
6.1.2.3	Personalbestand der unterschiedlichen Heuristiken	247
6.2	Analyse des Testproblems <i>real</i> und Parametervariationen	251
6.2.1	Untersuchung des Testproblems <i>real</i>	251
6.2.1.1	Analyse der Arbeitszeit	252
6.2.1.2	Analyse der geplanten Fehlzeiten.....	256
6.2.2	Parametervariationen	259
6.2.2.1	Ausschließlicher Einsatz von Vollzeitagenten	260
6.2.2.2	Mindestanzahl an Vollzeitagenten	262
6.2.2.3	Überstunden.....	264
6.2.2.4	Ausgleichszeitraum	265
6.2.2.5	Fixkosten	267
6.2.2.6	Schichtzuordnung.....	269
6.3	Untersuchung der Personaleinsatzplanung basierend auf dem ermittelten Personalbestand	271
6.3.1	Festsetzung der Parameter	272
6.3.2	Umsetzung der Personaleinsatzplanung für ausgewählte Wochen	275
6.4	Zusammenfassung der Ergebnisse der numerischen Untersuchung	290
7.	Resümee	293
8.	Literaturverzeichnis.....	298
9.	Anhang	316
9.1	Maßzahlen der Kundenzufriedenheit bei unterschiedlicher Nachfrage	316
9.2	Darstellung der Saisonfaktoren	319
9.3	Ergebnisse der Verfahrensvarianten der Heuristik <i>reLLB</i>	320
9.4	Abwesenheitspläne des Testproblems <i>real</i> für die unterschiedlichen Heuristiken	323
9.5	Personaleinsatzplan der Woche 17 für die Tage Dienstag bis Freitag	326

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1:	Schematische Darstellung eines Anrufablaufs in einem Call Center mit homogenen Anrufern und Agenten.....	16
Abbildung 2.2:	Zusammenhang zwischen bedienten, ankommenden und anrufenden Kunden.....	17
Abbildung 2.3:	Wochenverlauf des realisierten Anrufaufkommens in 30 Minuten Intervallen der Deutschen Telegate AG vom 19.-25.10.1998	36
Abbildung 2.4:	Tagesverlauf der Anrufe der Deutschen Telegate AG im 30 Minuten Intervall aus dem Jahr 1998	37
Abbildung 3.1:	Zusammenhang zwischen der nominellen, der realen und der produktiv nutzbaren Arbeitszeit eines Agenten.....	69
Abbildung 3.2:	Übergänge des Geburts- und Sterbeprozesses.....	83
Abbildung 3.3:	Zusammenhang zwischen Anrufvolumen und Durchschnittsertrag bei der minimalen Anzahl benötigter Agenten zur Erreichung des angestrebten Service Levels von 80/20	93
Abbildung 4.1:	Übersicht über die Teilgebiete der Personaleinsatzplanung.....	104
Abbildung 4.2:	Ansätze zur Reduzierung der Anzahl an betrachteten Arbeitszeitmustern.....	120
Abbildung 4.3:	Einteilung der Lösungsverfahren des Shift und Tour Scheduling.....	128
Abbildung 5.1:	Einteilung der Agenten in Kategorieilmengen	189
Abbildung 5.2:	Parallele Zeitachsen und dazugehörige Variablen des Modells <i>PBaPEP</i>	195
Abbildung 5.3:	Ablaufschema des Lösungsverfahrens <i>relBrJo</i>	211
Abbildung 5.4:	Ablaufschema des Lösungsverfahrens <i>relLB</i>	215
Abbildung 5.5:	Ablaufschema des Lösungsverfahrens <i>LBBBrJo</i>	217
Abbildung 6.1:	Wöchentliche und durchschnittliche Nachfrage einer Gruppe des Call Centers der Mercedes-Benz Niederlassung für ein Jahr	230
Abbildung 6.2:	Anteilige Nachfrage der Wochentage am Nachfragevolumen der Woche für Wochen ohne Feiertage	231
Abbildung 6.3:	Jahresdurchschnittlicher Anteil an Anrufen für die Stundenintervalle der Wochentage.....	232
Abbildung 6.4:	Verläufe der Saisonfaktoren der wöchentlichen Nachfrage der Testprobleme	234
Abbildung 6.5:	Verteilung der wöchentlichen Nachfrage auf die einzelnen Wochentage	236
Abbildung 6.6:	Verteilung der täglichen Nachfrage auf die Stunden eines Tages.....	237
Abbildung 6.7:	Darstellung der Kosten der Verfahrensvarianten der Heuristik <i>relLB</i> für ausgewählte Testprobleme.....	247

Abbildung 6.8:	Zusammenhang zwischen der Wochenarbeitszeit und dem Personalangebot.....	252
Abbildung 6.9:	Vergleich des Personalbedarfs mit der Sollarbeitszeit und den geplanten Fehlzeiten für die Lösung der Heuristik <i>LBBrJo₁₀</i>	252
Abbildung 6.10:	Personalbedarf, Mehr- bzw. Minderarbeitsstunden und geplante Fehlzeiten des Ergebnisses der Heuristik <i>LBBrJo₁₀</i>	253
Abbildung 6.11:	Vergleich des Personalbedarfs mit dem Personalangebot für das Ergebnis der Heuristik <i>LBBrJo₁₀</i>	254
Abbildung 6.12:	Ergebnisse der geplanten Fehlzeiten für die betrachteten Heuristiken	255
Abbildung 6.13:	Ergebnisse der geplanten Fehlzeiten und Minderarbeitszeiten vermindert um die Mehrarbeitszeiten für die betrachteten Heuristiken	256

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	Maßzahlen der Kundenzufriedenheit im Call Center	27
Tabelle 3.1:	Mittels Warteschlangenmodell berechnete Maßzahlen der Kundenzufriedenheit bei einer Anrufrate von $\lambda=100/1800$	90
Tabelle 3.2:	Vergleich der Berechnung der Anzahl der Agenten und des Service Levels bei unterschiedlichen Periodenlängen.....	95
Tabelle 4.1:	Mögliche Arbeitsregeln der betrachteten Personaleinsatzplanungsprobleme.....	117
Tabelle 4.2:	Anzahl an Arbeitszeitmustern der Teilprobleme bei unterschiedlichen Szenarien	118
Tabelle 4.3:	Kriterien zum Hinzufügen von Arbeitszeitmustern anhand eines Unterdeckungskriteriums.....	134
Tabelle 4.4:	Kriterien zur Eliminierung von Arbeitszeitmustern aus einer zulässigen Lösung anhand der Überdeckung	136
Tabelle 4.5:	Set Covering Formulierung des Beispiels	158
Tabelle 4.6:	Implizite Formulierung des Beispiels.....	158
Tabelle 5.1:	Beispielhafte Einteilung der Agenten in Kategorien und deren mögliche Schichtlängen.....	190
Tabelle 5.2:	Übersicht über die Anzahl der verwendeten Variablen des Modells <i>PBaPEP</i>	205
Tabelle 5.3:	Mögliche Schichten des Beispiels zum Lösungsverfahren <i>treBrJo</i>	212
Tabelle 5.4:	Beispiel zum Lösungsverfahren <i>treBrJo</i>	212
Tabelle 6.1:	Übersicht über die Nachfragestruktur und den Personalbedarf der Testprobleme	238
Tabelle 6.2:	Wöchentliche Arbeitszeit und Schichtlängen der betrachteten Mitarbeiterkategorien	239
Tabelle 6.3:	Zuordnung der Arbeitszeiten und der Pausen zu den Schichtenlängen.....	239
Tabelle 6.4:	Relative Abweichungen Gap^{LP} der untersuchten Heuristiken für die erzeugten Testprobleme.....	243
Tabelle 6.5:	Lösungsdauern der untersuchten Heuristiken für die erzeugten Testprobleme	244
Tabelle 6.6:	Darstellung der relativen Abweichungen Gap^{LP} der Verfahrensvarianten der Heuristik <i>reLB</i>	246
Tabelle 6.7:	Ergebnisse des Personalbestandes der LP-Lösung und der unterschiedlichen Heuristiken	248
Tabelle 6.8:	Absolute Abweichungen der Mitarbeiterzusammensetzung der Lösungsheuristiken von der LP-Lösung.....	249
Tabelle 6.9:	Anzahl der Agenten der Kategoriemenge Kat_{taegl}	250

Tabelle 6.10:	Möglicher Abwesenheitsplan für den Personalbestand der Heuristik $LBBrJo_{10}$	258
Tabelle 6.11:	Übersicht über die untersuchten Parametervariationen des Testproblems $real$	260
Tabelle 6.12:	Ergebnisse beim ausschließlichen Einsatz von Vollzeitagenten.....	261
Tabelle 6.13:	Ergebnisse des Personalbestandes bei Variation der Mindestanzahl von Vollzeitagenten.....	262
Tabelle 6.14:	Anzahl der Arbeitnehmer und mit ihnen vereinbarte Wochenstundenzahl bei Variation der Mindestanzahl der Vollzeitagenten.....	263
Tabelle 6.15:	Zielfunktionswerte des relaxierten Problems und relative Abweichungen Gap^{LP} bei Variation der Mindestanzahl der Vollzeitagenten.....	263
Tabelle 6.16:	Ergebnisse des Personalbestandes bei Variation der jährlichen Überstunden.....	264
Tabelle 6.17:	Relative Abweichungen Gap^{LP} , Wochenstunden und Überstunden bei Variation der jährlichen Überstunden.....	265
Tabelle 6.18:	Ergebnisse des Personalbestandes bei Variation des Ausgleichszeitraumes.....	266
Tabelle 6.19:	Relative Kostenabweichungen bei Variation des Ausgleichszeitraums.....	267
Tabelle 6.20:	Ergebnisse des Personalbestandes bei Variation der Fixkosten.....	267
Tabelle 6.21:	Relative Abweichungen Gap^{LP} , Fixkostenanteile und Überstunden bei Variation der Fixkosten.....	268
Tabelle 6.22:	Betrachtete Szenarien der Arbeitszeit und der dazugehörigen Schichtlängen.....	270
Tabelle 6.23:	Ergebnisse des Personalbestandes bei unterschiedlicher Zuordnung der Schichten zu den Mitarbeiterkategorien.....	270
Tabelle 6.24:	Zuordnung der Schichtlängen zu den Mitarbeiterkategorien.....	273
Tabelle 6.25:	Schichtlängen, Arbeitszeiten und Pausen der betrachteten Schichttypen.....	273
Tabelle 6.26:	Ergebnisse des Modells PEP_w für die Wochen der ausgewählten Ausgleichszeiträume der Tage Montag bis Freitag.....	277
Tabelle 6.27:	Wöchentliche Arbeitszeiten der Agenten der Mitarbeiterkategorie zwei für die Wochen der ausgewählten Ausgleichszeiträume.....	279
Tabelle 6.28:	Tägliche Anwesenheitszeiten der Agenten der Mitarbeiterkategorie zwei für die Wochen der ausgewählten Ausgleichszeiträume.....	281
Tabelle 6.29:	Wöchentliche Arbeitszeiten der Agenten der Mitarbeiterkategorie drei für die Wochen der ausgewählten Ausgleichszeiträume.....	283
Tabelle 6.30:	Tägliche Anwesenheitszeiten der Agenten der Mitarbeiterkategorie drei in den Wochen der betrachteten Ausgleichszeiträume.....	285

Tabelle 6.31:	Personaleinsatzplan am Montag der Woche 17.....	287
Tabelle 6.32:	Personaleinsatzplan am Mittwoch der Woche 6.....	289

Symbolverzeichnis

β	Prozentsatz zurückscheuender Anrufer
λ	Ankunftsrate
λ_n	Geburtsrate
λ_{eff}	effektive Ankunftsrate
μ	Bearbeitungsrate
μ_n	Sterberate
ν	Auflegerate
π	maximaler Anteil an Teilzeitmitarbeitern
A	Koeffizientenmatrix der Set Covering Formulierung
a	Grenze eines Ganzzahligkeitsfensters beim Lösungsalgorithmus <i>trelBrJo</i>
ABW_t	Abweichung zwischen der bereits eingesetzten Anzahl an Arbeitsperioden und dem Personalbedarf der Periode $t \in T$
$a_{s,t}$	Vektor des Arbeitszeitmusters $s \in S$, der angibt, ob in Periode $t \in T$ gearbeitet wird ($a_{s,t}=1$) oder nicht ($a_{s,t}=0$)
$Arbtagew$	Anzahl der Arbeitstage in der Woche $w \in W$ von Montag bis Freitag
$Arbk$	aus dem Modell <i>PBaPEP</i> vorgegebene Summe der eingeplanten Arbeitszeit der Agenten der Mitarbeiterkategorie k
$Arbzt_s$	Arbeitszeit der Schicht $s \in S$ inklusive der dazugehörigen Bildschirmpause(n)
A_{min}	minimale Arbeitszeit einer Schicht
AU	Ereignis des Auflegens
$Ausgl$	Länge des Ausgleichszeitraums für Mehr- und Minderarbeitszeiten in Wochen
B	Ereignis des Blockierens eines Anrufers
B_t	Personalbedarf in der Periode $t \in T$
b_t	Anzahl aufeinanderfolgender Blöcke von Einsen in der Zeile t der Koeffizientenmatrix
$B_{t,d}$	Personalbedarf in der Periode $t \in T$, am Tag $d \in D$
$B_{t,d,w}$	Personalbedarf in der Periode $t \in T$, am Tag $d \in D$ in der Woche $w \in W$
Bm_t	minimal akzeptierte Anzahl an Arbeitnehmern in Periode t
BP_s	Anzahl der Bildschirmpausen des Schichttyps $s \in ST$
$Bound1$	Hilfsparameter zum Setzen der Lower Bound im Lösungsalgorithmus <i>reLLB</i>
$Bound2$	Hilfsparameter zum Setzen der Lower Bound im Lösungsalgorithmus <i>reLLB</i>
c	Anzahl an eingesetzten Agenten

c_s	Arbeitskosten des Arbeitszeitmusters $s \in S$
c_{max}	maximal aufzuwendende Arbeitskosten
$calls_{t,d}$	Anzahl an Anrufen in Periode $t \in T$ am Tag $d \in D$
cf_k	Fixkosten eines Agenten der Mitarbeiterkategorie $k \in Kat$
ct_s	Kosten des Schichttyps $s \in ST$
cv_k	variable Gehaltskosten pro Stunde der Mitarbeiterkategorie $k \in K$
D	Menge der Öffnungstage der Woche
$D_{WT[w]}$	Menge der Wochentage der Woche $w \in W$ ohne Wochenendtage und Feiertage
$D_{WE[w]}$	Menge der Wochenendtage und Feiertage der Woche $w \in W$
$D_{[w]}$	Menge der Öffnungstage des Call Centers in der Woche $w \in W$, mit $D_{[w]} = D_{WT[w]} \cup D_{WE[w]}$
e	untere Grenze eines Ganzzahligkeitsfensters beim Lösungsalgorithmus <i>trelBrJo</i>
E_t	bereits eingesetzte Arbeitnehmer in Periode $t \in T$
<i>Faktor</i>	Faktor des Überstundenzuschlages (<i>Faktor</i> > 1)
f	Faktor der gewichteten Arbeitszeit am Wochenende und den Feiertagen
Gap^{LP}	relative Abweichung der heuristischen Lösung von der optimalen Lösung des relaxierten Problems
h	Stunde
i	früheste Periode, in der eine Pause für alle Schichttypen beginnen kann
i_F	früheste Periode des Frühstückspausenbeginns für alle Schichttypen
i_M	früheste Periode des Mittagspausenbeginns für alle Schichttypen mit $i_M \subset T$
j	späteste Periode der Pause für alle Schichttypen
j_F	späteste Periode der Frühstückspause für alle Schichttypen
j_M	späteste Periode der Mittagspause für alle Schichttypen mit $j_M \subset T$
K	Anzahl an Telefonleitungen
$k_{t,j}$	der inkrementelle Anstieg in der erwarteten Anzahl an zusätzlich bedienten Kunden mit Bedienung innerhalb des tolerierten Wartezeitlimits durch den Einsatz des $Bm_t + j$ -ten Agenten in Periode t
<i>Kat</i>	Menge der Mitarbeiterkategorien
Kat_{taegl}	Kategorierteilmenge der Mitarbeiterkategorien mit Arbeitstagen von Montag bis Freitag ohne Feiertag, wobei $Kat_{taegl} \subseteq Kat$
Kat_{wechs}	Kategorierteilmenge der Mitarbeiterkategorien mit Arbeitstagen an allen möglichen Wochentagen, wobei $Kat_{wechs} \subseteq Kat$ sowie $Kat_{wechs} \cup Kat_{taegl} = Kat$
L	Warteschlangenlänge

$labor_{max}$	maximale Anzahl an einzuplanenden Schichten
$lb_{y_{d,w,s}}$	Lower Bound der Schichtvariable $y_{d,w,s}$ am Tag $d \in D_{[w]}$ in der Woche $w \in W$ und Schicht $s \in S$
m_{max}	maximal auftretender Restbedarf einer Periode
$MaxAnz_k$	maximal zu beschäftigende Anzahl an Agenten der Mitarbeiterkategorie $k \in Kat$
$MaxPause$	Periode mit der spätest möglichen Pause eines Tages
Max_Std^+	maximale Überstunden im Ausgleichszeitraum
Max_Std_{Jahr}	maximale Überstunden vermindert um die Unterstunden eines Agenten im Planungszeitraum
$MinAnz_k$	minimal zu beschäftigende Anzahl an Agenten der Mitarbeiterkategorie $k \in Kat$
$MinPause$	Periode mit der frühestmöglichen Pause eines Tages
$MZ_{t,d}$	Maßzahl der Kundenzufriedenheit analog der Anzahl an Anrufen und des Personalbedarfs in der Periode $t \in T$ am Tag $d \in D$
$MZ_{t,d,j}^+$	Anstieg der Maßzahl der Kundenzufriedenheit durch den Einsatz des j -ten über den Bedarf $B_{t,d}$ hinausgehenden Agenten in Periode $t \in T$ am Tag $d \in D$
P_E	Menge der möglichen Endzeitpunkte aller Pausenfenster
P_{EM}	Menge der letztmöglichen Startzeitpunkt aller Mittagspausenfenster
P_{EF}	Menge der möglichen Endzeitpunkte aller Frühstückspausenfenster
P_S	Menge der möglichen Startzeitpunkte aller Pausenfenster
P_{SF}	Menge der möglichen Startzeitpunkte aller Frühstückspausenfenster
P_{SM}	Menge der möglichen Startzeitpunkte aller Mittagspausenfenster
$P(B)$	Wahrscheinlichkeit einen anrufenden Kunden zu blockieren
$P(Z)$	Wahrscheinlichkeit eines anrufenden Kunden vor der Warteschlange zurückzusehen
$P(A)$	Wahrscheinlichkeit eines anrufenden Kunden aufzulegen
$P(SV)$	Wahrscheinlichkeit eines anrufenden Kunden bedient zu werden
p_n	stationäre Wahrscheinlichkeit bzw. Zustandswahrscheinlichkeit für n Anrufer im System
$Pause_s$	Pausenzeit in Stunden der Schicht $s \in S$
$PBeg_k$	Menge aller Schichttypen mit Pausenfenster zwischen k und der spätestmöglichen Pausenperiode j
$PBegF_k$	Menge aller Schichttypen mit Frühstückspausenfenster zwischen k und der spätestmöglichen Frühstückspausenperiode j_F
$PBegM_k$	Menge aller Schichttypen mit Mittagspausenfenster zwischen k und der spätestmöglichen Mittagspausenperiode j_M

$PEnd_k$	Menge aller Schichttypen mit Pausenfenster zwischen der frühestmöglichen Pause und k
$PEndF_k$	Menge aller Schichttypen mit Frühstückspausenfenster zwischen der frühestmöglichen Pause und k
$PEndM_k$	Menge aller Schichttypen mit Mittagspausenfenster zwischen der frühestmöglichen Pause und k
q	Anzahl an Warteplätzen im Call Center
q_n	bedingte Wahrscheinlichkeit für n Anrufer im System unter der Bedingung, dass ein Anrufer gerade ankommt
Q	Anzahl an Schichten eines Tages mit maximaler Schichtlänge
R_t	Restbedarf der Periode $t \in T$ sofern im Verlauf der Einsatzplanung eine bestimmte Anzahl von Arbeitnehmern bereits eingesetzt wurde
RS	Rechte Seite
S	Menge der möglichen Schichten bzw. Arbeitszeitmuster eines Tages
S_k	Menge der zulässigen Schichten für die Mitarbeiterkategorie $k \in Kat$
S_M	Menge der Schichten mit Mittagspause
s_{max}	maximaler Index der Menge S
S_{taegl}	Menge der Schichten für Mitarbeiter der Mitarbeiterkategorien Kat_{taegl} , wobei $S_{taegl} \subseteq S$
S_{wechs}	Menge der Schichten für die Mitarbeiter der Mitarbeiterkategorien Kat_{wechs} , wobei $S_{wechs} \subseteq S$
S_{TZ}	Menge der Arbeitszeitmuster für Teilzeitmitarbeiter
$Schul$	Anzahl an Schulungswochen eines Agenten
SL	Menge der möglichen Schichtlängen
sl_{max}	maximale Schichtlänge
ST	Menge der möglichen Schichttypen
ST_k	Menge der zulässigen Schichttypen für die Mitarbeiterkategorie $k \in Kat$
ST_M	Menge der Schichttypen mit Mittagspause
ST_{wechs}	Menge der Schichttypen für die Mitarbeiter der Kategorie Kat_{wechs} mit $ST_{wechs} \subseteq ST$
SV	Ereignis, bedient zu werden
T	Menge der Perioden eines Tages
T_{BP}	Menge der möglichen Perioden für die Bildschirmpause
T_{max}	letzte Planungsperiode eines Tages
U	Auslastung der Agenten
$u_{i,j}^+$	Angabe der Überschreitung des benötigten Bedarfs einer Periode
U_t	Unterdeckung des Personalbedarfs in der Periode t

$ub_{y_{d,w,s}}$	Upper Bound der Schichtvariable $y_{d,w,s}$
UE_t	Überdeckung des Personalbedarfs in der Periode t
$Urlaub$	Mindesturlaub eines Agenten in Wochen
W	Menge der Wochen des Planungszeitraums
w_t	Anzahl an Arbeitnehmern, die über den minimal akzeptierten Arbeitnehmerbedarf für Periode t hinausgehen und einen Zuwachs in der Anzahl an Kunden generieren, die innerhalb des Wartezeitlimits bedient werden
$w_{t,d}$	Anzahl der über den Personalbedarf für Periode t am Tag d hinausgehenden und Zuwachs in der Maßzahl der Kundenzufriedenheit generierenden Arbeitnehmer
W_{Ausgl}	Menge der Wochen zu Beginn des Ausgleichszeitraums $Ausgl$ mit $W_{Ausgl} := \{1, 1+Ausgl, \dots, W-Ausgl+1\}$
$Wochenstd_k$	vereinbarte wöchentliche Arbeitszeit eines Mitarbeiters der Mitarbeiterkategorie $k \in Kat$
$Wuensche_{k,w}$	Anzahl an Mitarbeitern der Kategorie $k \in Kat$ mit Urlaubswunsch in Woche $w \in W$
WZ	Wartezeit
x_{anz_k}	Anzahl an Agenten der Mitarbeiterkategorie $k \in Kat$
$x_{anw_{k,w}}$	Anzahl der in Woche $w \in W$ anwesenden Agenten der Mitarbeiterkategorie $k \in Kat$
x_{anw_k}	Anzahl der anwesenden Agenten der Mitarbeiterkategorie $k \in Kat$
$x_{abw_{k,w}}$	Anzahl der in Woche $w \in W$ abwesenden Agenten der Mitarbeiterkategorie $k \in Kat$
$x^+_{Std_{k,w}}$	Überstunden der Agenten der Mitarbeiterkategorie $k \in Kat$ im Ausgleichszeitraum $w \in W_{Ausgl}$
$x^-_{Std_{k,w}}$	Unterstunden der Agenten der Mitarbeiterkategorie $k \in Kat$ im Ausgleichszeitraum $w \in W_{Ausgl}$
y_s	Anzahl der im Arbeitszeitmuster $s \in S$ arbeitenden Arbeitnehmer
$y_{d,s}$	Anzahl der im Schichttyp $s \in ST$ arbeitenden Agenten am Tag $d \in D$
$y_{d,w,s}$	Anzahl der in Schicht $s \in S$ arbeitenden Agenten am Tag $d \in D_{[w]}$ der Woche $w \in W$
$yf_{t,d}$	Anzahl der Agenten mit Frühstückspause in Periode t am Tag d
$ym_{t,d}$	Anzahl der Agenten mit Mittagspausenende in Periode t am Tag d
yp_t	Anzahl der Agenten mit Pause in Periode t
yt_s	Anzahl der im Schichttyp $s \in ST$ arbeitenden Agenten
Z	Ereignis, dass ein anrufender Kunde vor der Warteschlange zurückscheut
z	Zählindex
z_{Anz}	vordefinierte Anzahl an Lösungen des relaxierten Problems

z^{heur}

Zielfunktionswert der heuristischen Lösung

 z^{LP}

Zielfunktionswert der optimalen Lösung des relaxierten Problems

Abkürzungsverzeichnis

ACD-Anlage	Automatic Call Distribution
ArbZG	Arbeitszeitgesetz
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BildscharbV	Bildschirmarbeitsverordnung
BUrlG	Bundesurlaubsgesetz
<i>DSCM</i>	Set Covering Formulierung von Dantzig (1954)
CTI	Computer Telephone Integration
IP	Integer Programming
<i>IPEP</i>	implizites Personaleinsatzplanungsmodell von Bechtold und Jacobs (1990), (1991)
IVR	Interactive Voice Response
<i>K</i>	Verfahren von Keith (1979)
<i>LBBrJo</i>	Kombination der Lösungsansätze <i>relLB</i> und <i>trelBrJo</i>
<i>LBBrJo_i</i>	Verfahrensvarianten mit $z_{Anz} = i$ mit $i \in \mathbb{N}$
LP	Lineares Planungsproblem
MIP	Mixed Integer Problem
<i>MS</i>	Verfahren von Morris/ Showalter (1983).
NachwG	Nachweisgesetz
<i>PBaPEP</i>	lineares Entscheidungsmodell zur Lösung der Personalbestands- und aggregierten Personaleinsatzplanung
<i>PBaPEP_{rel}</i>	relaxiertes Entscheidungsmodell <i>PBaPEP</i>
<i>PEP_w</i>	Modell der Personaleinsatzplanung für die Woche w bei gegebenem Personalbestand, das die Modelle <i>CLSM-SRV</i> und <i>IPEP</i> miteinander verbindet
<i>relLB</i>	Lösungsansatz durch wiederholtes Lösen des relaxierten Modells und anschließender Erhöhung einiger Lower Bounds $lb_{y_{d,w,s}}$ der Schichtvariablen
<i>Std</i>	Stunden
<i>trelBrJo</i>	teilrelaxierter Lösungsansatz, der dem relaxierten Modell sequentiell neue Ganzzahligkeitsrestriktionen hinzufügt
TzBfG	Teilzeit- und Befristungsgesetz
<i>VZÄ</i>	Methode der Vollzeitäquivalente