

# Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung** ..... 1
- 2 Klassifikation von Callcenter-Systemen** ..... 5
  - 2.1 Kommunikationsrichtung ..... 5
    - 2.1.1 Inbound-Callcenter ..... 6
    - 2.1.2 Outbound-Callcenter ..... 8
    - 2.1.3 Anfragegesteuerte Outbound-Callcenter ..... 9
    - 2.1.4 Gemischte Inbound- und Outbound-Callcenter ..... 11
  - 2.2 Kommunikationsform ..... 11
  - 2.3 Organisatorische Einordnung ..... 12
    - 2.3.1 In-House-Callcenter ..... 13
    - 2.3.2 Ausgelagertes Callcenter ..... 13
    - 2.3.3 Virtuelles Callcenter ..... 14
  - 2.4 Kostenstruktur ..... 16
    - 2.4.1 Cost-Center ..... 16
    - 2.4.2 Profit-Center ..... 16
  - 2.5 Thematische Untergliederung ..... 17
    - 2.5.1 Komplexität der Anfragen ..... 17
    - 2.5.2 Skill-Level ..... 17
  - 2.6 AKL-Typologie ..... 18
- 3 Komponenten eines Inbound-Callcenters** ..... 19
  - 3.1 Das Callcenter als Warteschlangensystem ..... 19
  - 3.2 Kundenankunftsstrom ..... 20

|          |                                                                                        |           |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.1    | Kundentypen .....                                                                      | 20        |
| 3.2.2    | Anzahl an Anrufern .....                                                               | 21        |
| 3.2.3    | Anrufer ist nicht gleich Anrufer .....                                                 | 21        |
| 3.3      | Warteschlange .....                                                                    | 22        |
| 3.3.1    | Verfügbare Anzahl an Telefonleitungen .....                                            | 23        |
| 3.3.2    | Künstliche Verknappung von Warteplätzen .....                                          | 23        |
| 3.4      | Automated Call Distributor .....                                                       | 23        |
| 3.4.1    | Priorisierung der Kunden .....                                                         | 25        |
| 3.4.2    | Priorisierung der Agenten .....                                                        | 27        |
| 3.5      | Callcenter und Agenten .....                                                           | 29        |
| 3.5.1    | Technische Bereitszeit .....                                                           | 29        |
| 3.5.2    | Gesprächszeit .....                                                                    | 31        |
| 3.5.3    | Nachbearbeitungszeit .....                                                             | 31        |
| 3.5.4    | Weiterleitungen und Wiederanrufer .....                                                | 32        |
| 3.6      | Schema eines Inbound-Callcenter-Systems .....                                          | 33        |
| <b>4</b> | <b>Parameter eines Inbound-Callcenters .....</b>                                       | <b>35</b> |
| 4.1      | Anrufer .....                                                                          | 36        |
| 4.1.1    | Erstanrufer, Wiederholer und Wiederanrufer .....                                       | 36        |
| 4.1.2    | Anruferanzahl .....                                                                    | 37        |
| 4.1.3    | Forecasting .....                                                                      | 39        |
| 4.2      | Wartezeittoleranz .....                                                                | 45        |
| 4.2.1    | Annahme der mittleren Abbruchzeit als mittlere<br>Wartezeittoleranz aller Kunden ..... | 48        |
| 4.2.2    | Annahme der Wartezeit als Wartezeittoleranz der erfolgreichen<br>Kunden .....          | 49        |
| 4.2.3    | Annahme der Exponentialverteilung für die<br>Wartezeittoleranzverteilung .....         | 49        |
| 4.2.4    | Die Kaplan-Meier-Methode .....                                                         | 50        |
| 4.2.5    | Simulationsstudie zur Wartezeittoleranz .....                                          | 56        |
| 4.2.6    | Parameterkalibrierung .....                                                            | 58        |
| 4.2.7    | Gewöhnungseffekte .....                                                                | 58        |
| 4.2.8    | Zurückschreckende Kunden .....                                                         | 59        |
| 4.3      | Wiederholwahrscheinlichkeit und -abstände .....                                        | 59        |
| 4.4      | Bedienzeiten und Nachbearbeitungszeiten .....                                          | 60        |

|          |                                                             |           |
|----------|-------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.5      | Weiterleitungen .....                                       | 62        |
| 4.6      | Wiederanrufwahrscheinlichkeit und Wiederanrufabstände ..... | 63        |
| <b>5</b> | <b>Kenngrößen eines Inbound-Callcenters</b> .....           | <b>65</b> |
| 5.1      | Gewichtete Mittelwerte .....                                | 65        |
| 5.2      | Erreichbarkeit .....                                        | 67        |
| 5.2.1    | Erreichbarkeit auf Kundenbasis .....                        | 68        |
| 5.2.2    | Erreichbarkeit auf Anrufbasis .....                         | 68        |
| 5.2.3    | Messung der Erreichbarkeit bei Kontakt-Centern .....        | 69        |
| 5.3      | Wartezeiten und Verweilzeiten .....                         | 70        |
| 5.4      | Service-Level .....                                         | 73        |
| 5.5      | Auslastung .....                                            | 75        |
| <b>6</b> | <b>Analyse des Systemverhaltens</b> .....                   | <b>79</b> |
| 6.1      | Stochastik – oder: Kunden rufen an, wann sie wollen .....   | 79        |
| 6.1.1    | Getaktete Bediensysteme .....                               | 80        |
| 6.1.2    | Stochastische Bedienzeiten .....                            | 81        |
| 6.1.3    | Stochastische Zwischenankunftszeiten .....                  | 81        |
| 6.1.4    | Erste Ergebnisse .....                                      | 82        |
| 6.2      | Grundbegriffe der Warteschlangentheorie .....               | 83        |
| 6.2.1    | Das Grundmodell der Warteschlangentheorie .....             | 84        |
| 6.2.2    | Die Kendall-Notation .....                                  | 87        |
| 6.2.3    | Stationär und transient .....                               | 90        |
| 6.2.4    | Wichtige Warteschlangenmodelle .....                        | 91        |
| 6.3      | Die Formel von Little .....                                 | 94        |
| 6.4      | Die Erlang-B- und die Erlang-C-Formel .....                 | 97        |
| 6.4.1    | Markov-Modelle .....                                        | 98        |
| 6.4.2    | Das M/M/1-System .....                                      | 101       |
| 6.4.3    | Das M/M/c-System .....                                      | 105       |
| 6.4.4    | Das M/M/c/K+M-System .....                                  | 116       |
| 6.4.5    | Das M/M/c/c-System .....                                    | 129       |
| 6.4.6    | Berechnung der Modelle .....                                | 131       |
| 6.5      | Die Pollaczek-Chintschin-Formel .....                       | 132       |
| 6.5.1    | Das M/G/1-System .....                                      | 133       |
| 6.5.2    | Beziehung zum M/M/1-System .....                            | 135       |

|          |                                                                                          |            |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.5.3    | Das M/D/1-System .....                                                                   | 136        |
| 6.6      | Die Allen-Cunneen-Formel .....                                                           | 137        |
| 6.6.1    | Das GI/G/1-System .....                                                                  | 138        |
| 6.6.2    | Das GI/G/c-System .....                                                                  | 141        |
| 6.6.3    | Beziehung zum M/M/c-System .....                                                         | 143        |
| 6.6.4    | Vergleich verschiedener Wartestrategien .....                                            | 145        |
| <b>7</b> | <b>Simulation .....</b>                                                                  | <b>151</b> |
| 7.1      | Mathematische Optimierung .....                                                          | 152        |
| 7.2      | Ist Simulation nicht zu langsam? .....                                                   | 155        |
| 7.3      | Analytische Modelle versus Simulation .....                                              | 157        |
| 7.3.1    | Wiederholer .....                                                                        | 158        |
| 7.3.2    | Weiterleitungen .....                                                                    | 159        |
| 7.3.3    | Kundentypen und Skill-Level .....                                                        | 160        |
| 7.3.4    | Bedienzeitverteilungen und Wartezeittoleranzen .....                                     | 162        |
| 7.3.5    | Eingeschwungener Zustand .....                                                           | 164        |
| 7.3.6    | Gesprächsbindungszeit .....                                                              | 165        |
| 7.4      | Klassifikation von Simulationsmethoden .....                                             | 166        |
| 7.4.1    | Deterministische Simulation .....                                                        | 166        |
| 7.4.2    | Stochastische Simulation .....                                                           | 167        |
| 7.4.3    | Statische oder dynamische Simulation .....                                               | 168        |
| 7.4.4    | Kontinuierliche und diskrete Simulation .....                                            | 168        |
| 7.4.5    | Lokale oder verteilte Simulation .....                                                   | 169        |
| 7.4.6    | Ereignisorientierte Simulation und ereignisorientierte<br>stochastische Simulation ..... | 169        |
| 7.5      | Ereignisorientierte stochastische Simulation .....                                       | 170        |
| 7.5.1    | Ereignisse und Regeln .....                                                              | 170        |
| 7.5.2    | Regelsatz für ein einfaches Callcenter-System .....                                      | 171        |
| 7.5.3    | Ablauf des Simulationsprozesses .....                                                    | 173        |
| 7.5.4    | Komponenten eines ereignisorientierten stochastischen Simulators .....                   | 176        |
| 7.6      | Simulationswerkzeuge .....                                                               | 180        |
| 7.6.1    | Programmiersprachen und Bibliotheken .....                                               | 180        |
| 7.6.2    | Allgemeine Software zur ereignisorientierten stochastischen<br>Simulation .....          | 183        |
| 7.6.3    | Programm „Mini Callcenter Simulator“ .....                                               | 185        |

|          |                                                            |            |
|----------|------------------------------------------------------------|------------|
| 7.6.4    | Programm „Callcenter Simulator“                            | 188        |
| 7.7      | Genauigkeit der Simulationsergebnisse                      | 192        |
| 7.7.1    | Monte-Carlo-Simulation                                     | 192        |
| 7.7.2    | Konvergenzgeschwindigkeit                                  | 196        |
| 7.7.3    | Konfidenzintervalle                                        | 204        |
| 7.7.4    | Simulation konkreter historischer Tage                     | 206        |
| 7.8      | Parameterkalibrierung                                      | 207        |
| 7.8.1    | Funktionsweise der Parameterkalibrierung                   | 207        |
| 7.8.2    | Anwendung der Wartezeittoleranzkalibrierung                | 208        |
| <b>8</b> | <b>Optimierungsstrategien</b>                              | <b>213</b> |
| 8.1      | Optimierungsziel                                           | 213        |
| 8.2      | Zeithorizont                                               | 218        |
| 8.2.1    | Strategische Planung                                       | 219        |
| 8.2.2    | Taktische Planung                                          | 219        |
| 8.2.3    | Operative Planung                                          | 220        |
| 8.2.4    | Optimierungsmöglichkeiten                                  | 220        |
| 8.3      | Analyse der Kundenströme und der Ursachen für Kosten       | 221        |
| 8.3.1    | Internes Callcenter                                        | 222        |
| 8.3.2    | Ausgelagertes Callcenter                                   | 223        |
| 8.3.3    | Abstraktion des Callcenter-Systems                         | 225        |
| 8.4      | Anzahl an Agenten                                          | 225        |
| 8.4.1    | Abbrecher und Wiederholer                                  | 225        |
| 8.4.2    | Rückkopplung durch Wiederholer                             | 228        |
| 8.4.3    | Ertragsgesetz                                              | 228        |
| 8.4.4    | Erstanruferanzahl                                          | 231        |
| 8.4.5    | Agentenanzahl pro Intervall                                | 233        |
| 8.4.6    | Vollzeit- und Teilzeit-Agenten                             | 234        |
| 8.4.7    | Bestimmung des planerischen Agentenbedarfs                 | 240        |
| 8.5      | Economy of Scale                                           | 240        |
| 8.5.1    | Service-Qualität                                           | 240        |
| 8.5.2    | Multi-Skill-Agenten                                        | 241        |
| 8.6      | Streuung der Bedienzeiten und der Wartezeittoleranzen      | 243        |
| 8.6.1    | Variation der Standardabweichungen der Bediendauern        | 245        |
| 8.6.2    | Variation der Standardabweichungen der Wartezeittoleranzen | 245        |

|               |                                                                                                       |            |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 8.6.3         | Vergleich von Simulation mit der Allen-Cunneen-Näherungsformel                                        | 249        |
| 8.7           | Lastdifferenzierung zwischen mehreren Teil-Callcentern                                                | 250        |
| 8.7.1         | Lastdifferenzierung ohne Mindestwartezeiten                                                           | 253        |
| 8.7.2         | Lastdifferenzierung mit Mindestwartezeiten                                                            | 254        |
| 8.7.3         | Kostenoptimierung                                                                                     | 256        |
| 8.7.4         | Regionale Callcenter                                                                                  | 259        |
| 8.8           | Anteil an Multi-Skill-Agenten                                                                         | 261        |
| 8.8.1         | Multi-Skill-Agenten versus Single-Skill-Agenten                                                       | 264        |
| 8.8.2         | Abhängigkeiten durch Multi-Skill-Agenten                                                              | 265        |
| 8.8.3         | Optimaler Multi-Skill-Agenten Anteil in Abhängigkeit von der Größe des Callcenters                    | 267        |
| 8.8.4         | Optimaler Multi-Skill-Agenten Anteil in Abhängigkeit von den Bedienzeiten und der Weiterleitungsquote | 268        |
| 8.8.5         | Bestimmung der Anzahl an Single-Skill- und Multi-Skill-Agenten in der Praxis                          | 271        |
| 8.9           | Routing-Strategien in einem Multi-Skill-Umfeld                                                        | 271        |
| 8.10          | Vertragsgestaltung beim Outsourcing                                                                   | 275        |
| 8.10.1        | Berechnung des Ertrags eines internen Callcenters                                                     | 278        |
| 8.10.2        | Berechnung des Ertrags eines ausgelagerten Callcenters                                                | 280        |
| 8.10.3        | Vertragsmodell: Pay per call offered                                                                  | 281        |
| 8.10.4        | Vertragsmodell: Piecemeal                                                                             | 284        |
| 8.10.5        | Vertragsmodell: Pay per call resolved                                                                 | 286        |
| 8.10.6        | Vertragsmodell: Pay per call resolved + cost sharing                                                  | 290        |
| 8.10.7        | Vertragsmodell: Partnership                                                                           | 292        |
| 8.11          | Schicht- und Personalplanung                                                                          | 293        |
| 8.11.1        | Schritte der Personaleinsatzplanung                                                                   | 293        |
| 8.11.2        | Was ist ein Agent?                                                                                    | 294        |
| 8.11.3        | Schichtplanung in der Simulation                                                                      | 296        |
| <b>9</b>      | <b>Zusammenfassung der Ergebnisse</b>                                                                 | <b>301</b> |
| <b>Anhang</b> |                                                                                                       | <b>305</b> |
| <b>A</b>      | <b>Grundlagen der Statistik</b>                                                                       | <b>307</b> |
| A.1           | Ausgangsdaten                                                                                         | 307        |
| A.1.1         | Grundgesamtheit und Stichprobe                                                                        | 307        |

|          |                                                      |     |
|----------|------------------------------------------------------|-----|
| A.1.2    | Häufigkeit                                           | 308 |
| A.1.3    | Klassen                                              | 310 |
| A.2      | Kenngößen                                            | 311 |
| A.2.1    | Mittelwert                                           | 311 |
| A.2.2    | Streuumaße                                           | 314 |
| A.3      | Wahrscheinlichkeiten                                 | 319 |
| A.3.1    | Bedingte Wahrscheinlichkeiten                        | 320 |
| A.3.2    | Wahrscheinlichkeitsverteilungen und Kenngößen        | 320 |
| A.3.3    | Stochastische Unabhängigkeit                         | 321 |
| A.4      | Wahrscheinlichkeitsverteilungen                      | 321 |
| A.4.1    | Gleichverteilung                                     | 322 |
| A.4.2    | Exponentialverteilung                                | 323 |
| A.4.3    | Normalverteilung                                     | 325 |
| A.4.4    | Log-Normalverteilung                                 | 329 |
| A.4.5    | Gammaverteilung                                      | 332 |
| A.4.6    | Erlangverteilung                                     | 334 |
| A.4.7    | Weitere Wahrscheinlichkeitsverteilungen              | 335 |
| A.5      | Konfidenzintervalle                                  | 336 |
| <b>B</b> | <b>Herleitung der Erlang-B- und Erlang-C-Formeln</b> | 339 |
| B.1      | Exponentialverteilung                                | 340 |
| B.2      | Faltung von Wahrscheinlichkeitsverteilungen          | 345 |
| B.3      | Erlangverteilung                                     | 345 |
| B.4      | Geburts- und Todesprozesse                           | 349 |
| B.5      | Gamma-Funktion                                       | 354 |
| B.6      | Erweiterte Erlang-C-Formel                           | 357 |
| B.7      | Erlang-C-Formel                                      | 359 |
| B.8      | Erlang-B-Formel                                      | 362 |
| <b>C</b> | <b>Glossar</b>                                       | 365 |
| <b>D</b> | <b>Formelsammlung</b>                                | 399 |
| D.1      | Absolute und relative Häufigkeiten                   | 399 |
| D.2      | Klassen                                              | 399 |
| D.3      | Kenngößen einer Stichprobe                           | 400 |
| D.4      | Wahrscheinlichkeiten                                 | 401 |

|          |                                           |     |
|----------|-------------------------------------------|-----|
| D.5      | Wahrscheinlichkeitsverteilungen .....     | 402 |
| D.6      | Konfidenzintervalle .....                 | 404 |
| D.7      | Grundbegriffe Warteschlangentheorie ..... | 404 |
| D.8      | Schätzen der Wartezeittoleranz .....      | 405 |
| D.9      | Formel von Little .....                   | 405 |
| D.10     | Warteschlangensysteme .....               | 406 |
| <b>E</b> | <b>Bezeichnungen</b> .....                | 411 |
| E.1      | Stochastik und Statistik .....            | 411 |
| E.2      | Warteschlangentheorie .....               | 412 |
| E.3      | Abkürzungen .....                         | 413 |
|          | <b>Literaturverzeichnis</b> .....         | 415 |
|          | <b>Abbildungsverzeichnis</b> .....        | 421 |
|          | <b>Tabellenverzeichnis</b> .....          | 429 |
|          | <b>Sachverzeichnis</b> .....              | 431 |



<http://www.springer.com/978-3-658-18308-0>

Callcenter – Analyse und Management  
Modellierung und Optimierung mit  
Warteschlangensystemen

Herzog, A.

2017, XIV, 437 S. 171 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-658-18308-0