



# Operations Management

Kurzfristige Kapazitätsplanung &  
Warteschlangenmanagement





## Aufgabe 1/1

Die UBS plant eine Drive-in Filiale zu errichten. Das Management geht davon aus, dass pro Stunde durchschnittlich 15 Kundinnen den Drive-in Service in Anspruch nehmen wollen. Eine Bankangestellte kann durchschnittlich 20 Kundinnen pro Stunde bedienen. Nehmen Sie an, Service- und Ankunftsdaten sind poissonverteilt.

- a) Wie hoch ist der durchschnittliche Auslastungsgrad, wenn die Drive-in-Kundinnen nur von einer Angestellten bedient werden kann?
- b) Wie lange ist die Warteschlange im Durchschnitt?



## Aufgabe 1/2

- c) Wie viele Kundinnen befinden sich durchschnittlich im System?
- d) Wie lange ist die durchschnittliche Wartezeit in der Warteschlange?
- e) Wie lange ist die durchschnittliche Verweilzeit im System?
- f) Wie hoch müsste die Servicerate einer Angestellten sein, um zu 90% sicherzustellen, dass neu ankommende Kundinnen nicht warten müssen?



## Aufgabe 2/1

Im Kino “Quirlig” gibt es nur eine Mitarbeiterin an der Kasse, die pro Kundin durchschnittlich 20 Sekunden benötigt, um das Ticket zu verkaufen. Pro Stunde kommen durchschnittlich 30 Kundinnen an die Kasse, um Tickets zu kaufen. Die Ankunftsrate der Kundinnen wird als Poisson-Verteilung angenommen, genauso wie die Servicerate der Mitarbeiterin an der Kasse.



## Aufgabe 2/2

- a) Wie hoch ist der durchschnittliche Auslastungsgrad der Mitarbeiterin?
- b) Wie gross ist die durchschnittliche Anzahl von Kundinnen im System?
- c) Nehmen Sie nun an, die Servicerate sei wie oben beschrieben. Die Ankunftsrate sei aber durch das Kino unterschätzt worden. Welchen Einfluss hat nun eine Erhöhung der Ankunftsrate auf die durchschnittliche Anzahl von Kundinnen im System?



## Aufgabe 3/1

Am Check-in Schalter der Flyhigh-Airline stieg die Ankunftsrate (poissonverteilt) auf durchschnittlich 20 Kundinnen pro Stunde an, sodass die Managerin von Flyhigh einen zweiten Schalter eröffnen muss. Marktstudien zeigen, dass Kundinnen beim Verweilen im System Opportunitätskosten von 15 CHF pro Stunde haben. Das Schalterpersonal kostet 10 CHF pro Stunde und hat eine Servicezeit von 3 Minuten pro Kundin (exponentialverteilt). Welches der folgenden Check-in Systeme minimiert die Gesamtkosten des Personals und der Kundinnen im System?



## Aufgabe 3/2

- a) Betrachten Sie ein System mit multiplen und separierten Warteschlangen, bei welchem die Kundinnen nicht die Warteschlange wechseln. Nehmen Sie an, die Nachfrage ist gleichmässig auf die Schalter aufgeteilt.
- b) Was sind die Kosten, falls anstatt des zweiten Schalters eine (im Betrieb kostenlose) elektronische Maschine (ATM) mit der konstanten Servicezeit von 3 Minuten eingesetzt wird. Nehmen Sie an, die Nachfrage ist gleichmässig auf den Schalter und den ATM aufgeteilt.



## Aufgabe 4/1

Frau Glüh arbeitet zusammen mit ihrer Kollegin Frau Wein am Weihnachtsmarkt in einer Glühweinbar. Die Glühweinbar hat zwei Kassen, an welchen die Kundinnen entweder von Frau Glüh oder Frau Wein bedient werden. Durchschnittlich kommen 40 Kundinnen pro Stunde in die Bar. Die Ankunftsrate ist poissonverteilt. Um eine Kundin zu bedienen, benötigen Frau Glüh oder Frau Wein jeweils durchschnittlich 72 Sekunden. Die Servicezeit ist exponentialverteilt.





## Aufgabe 4/2

- a) Gehen Sie davon aus, dass die Hälfte der ankommenden Kundinnen an die Kasse von Frau Glüh geht, während die andere Hälfte an die Kasse von Frau Wein geht. Zudem nehmen Sie an, dass die Kundinnen die Warteschlange nicht wechseln. Berechnen Sie die durchschnittliche Anzahl der Kundinnen in der Glühweinbar.



## Aufgabe 4/3

- b) Gehen Sie nun davon aus, dass die Kundinnen in nur einer Warteschlange anstehen und die Schlange von zwei Mitarbeitenden bedient wird. Dies entspricht einem M/M/2 Modell. Berechnen Sie wiederum die durchschnittliche Anzahl Kundinnen in der Glühweinbar. Die nachfolgende Tabelle und Gleichung gibt in einem allgemeinen M/M/c Modell ( $c$  entspricht der Anzahl Server mit  $c \geq 1$ ) über die durchschnittliche Anzahl der Kundinnen in der Warteschlange und im System Auskunft. Vergleichen Sie das Ergebnis in Aufgabe b) mit dem Ergebnis in Aufgabe a) und erklären Sie mögliche Differenzen.



## Aufgabe 4/4

Werte für $L_q$ in einem M/M/c Modell			
$\rho = \lambda / \mu$	c = 1	c = 2	c = 3
0,15	0,026	0,001	0,000
0,2	0,050	0,002	0,000
0,25	0,083	0,004	0,000
0,3	0,129	0,007	0,000
0,35	0,188	0,011	0,000
0,4	0,267	0,017	0,000
0,45	0,368	0,024	0,002
0,5	0,500	0,033	0,003
0,6	0,900	0,059	0,006
0,7	1,633	0,098	0,011
0,8	3,200	0,152	0,019

Zusammenhang von  $L_q$  und  $L_s$  in einem M/M/c Modell:  $L_q = L_s - \rho$



## Aufgabe 5

Der Coiffeur "Haarsträubend" bietet seinen Kundinnen eine Coiffeurleistung ohne Voranmeldung nach dem „first come, first served“-Prinzip an. Im Wartebereich können zwei Kundinnen Platz nehmen, für später Ankommende stehen keine weiteren Stühle bereit. Pro Stunde kommen im Durchschnitt 2 Kundinnen an, die Ankunftsrate ist poissonverteilt. Für einen Haarschnitt benötigt Paula (die heute alleine arbeitet) durchschnittlich 15 Minuten. Die Servicezeit ist exponentialverteilt.

Mit welcher Wahrscheinlichkeit findet eine ankommende Kundin keinen freien Stuhl mehr vor?



## Aufgabe 6

Das Skigebiet Churerberg betreibt eine Webseite, auf welcher sich enthusiastische Wintersportlerinnen über die dortigen Pisten- und Wetterverhältnisse informieren können. Eine Homepage kann als  $M/G/\infty$  Modell bezeichnet werden. Nehmen Sie an, dass die Ankunftsrate 90 Besucherinnen pro Stunde beträgt und poissonverteilt ist. Der durchschnittliche Besuch der Homepage dauert 20 Sekunden und folgt einer Normalverteilung mit Varianz  $\sigma^2 = 1$ .

Wie lang ist die Warteschlange im Durchschnitt? Bitte begründen Sie Ihre Antwort in maximal zwei Sätzen.



## Aufgabe 7/1

Eine Mitarbeiterin der kantonalen Verwaltung ist verantwortlich, Formulare zu bearbeiten, welche von neu gegründeten Unternehmen eingesendet werden müssen. Die Angestellte kann durchschnittlich 4 Formulare pro Tag bearbeiten. Im Jahr 2010 wurden im Durchschnitt 1.8 Formulare pro Tag eingesandt und die Angestellte erreichte einen Arbeitsrückstand von 0.45 Tagen. Im Jahr 2011 wurden dagegen im Schnitt 3.9 Formulare pro Tag eingesandt und der Arbeitsrückstand betrug 5 Tage. Sowohl Ankunfts- als auch Servicerate sind poissonverteilt.



## Aufgabe 7/2

In der Folge bittet die Vorgesetzte die Mitarbeiterin zum Gespräch, um ihr anzukündigen, dass ihr auf Grund ihrer schlechten Leistungen die Kündigung droht: Während sich ihre Formulareingänge etwas mehr als verdoppelt haben, hat sich ihr Arbeitsrückstand mehr als verzehnfacht. Somit nehme sie ihren Job nicht ernst genug.



## Aufgabe 7/3

M/M/s Berechnungen	2010	2011
Ankunftsrate/Tag	1.8	3.9
Servicerate/Tag	4	4
Anzahl der Server	1	1
Auslastungsgrad		97.50 %
Wahrscheinlichkeit, dass sich kein Kundin im System befindet		
Erwartete Länge der Warteschlange	0.3682	38.0250
Durchschnittszahl der Kundinnen im System	0.8182	
Durchschnittliche Wartezeit in Tagen	0.2045	9.7500
Durchschnittliche Zeit im System in Tagen	0.4545	
Wahrscheinlichkeit, dass eine Kundin warten muss		





## Aufgabe 7/4

- a) Berechnen Sie anhand der Angaben die fehlenden Werte in der Tabelle und fügen Sie diese Werte in die leeren Felder der Tabelle ein.
- b) Beurteilen Sie anhand Ihrer Ergebnisse, ob die Bedenken der Vorgesetzten gerechtfertigt sind (hier müssen Sie auf die relevanten Werte verweisen und in maximal zwei Sätzen begründen).