

# OPERATIONS MANAGEMENT

## 4. Übungsstunde

Thema:

Kurzfristige Kapazitätsplanung  
(Warteschlangenmanagement)



Seite 1

Lehrstuhl Services & Operationsmanagement  
© Prof. Dr. Helmut M. Dietl

## Aufgabe 1

UBS plant eine Drive-in Filiale zu errichten. Das Management geht davon aus, dass pro Stunde durchschnittlich 15 Kunden den Drive-in Service in Anspruch nehmen wollen. Ein Bankangestellter kann durchschnittlich 20 Kunden pro Stunde bedienen.

Nehmen Sie an, Service- und Ankunftsraten sind poissonverteilt.

a) Wie hoch ist der durchschnittliche Auslastungsgrad, wenn die Drive-in-Kunden nur von einem Angestellten bedient werden?

b) Wie lange ist die Warteschlange im Durchschnitt?



Seite 2

Lehrstuhl Services & Operationsmanagement  
© Helmut M. Dietl

# Aufgabe 1

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



# Aufgabe 2

a) Philipp B. verkauft in seinem Laden namens „Birkenfuss“ Schuhe. Die Ankunftsrate der Kunden und die Servicerate sind poissonverteilt. Durchschnittlich kommen 15 Kunden pro Stunde in den Laden. Philipp B. benötigt zur Bedienung eines Kunden durchschnittlich 3 Minuten.

Mit welcher Wahrscheinlichkeit trifft ein neu ankommender Kunde im Laden „Birkenfuss“ auf **wartende** Kunden?

b) Nehmen Sie nun an, dass die Nachfrage im Laden „Birkenfuss“ aufgrund eines Aktionstages sehr hoch ausfällt, sodass Philipp B. die Übersicht verliert, welchen Kunden er als Nächsten bedienen soll. Welche Möglichkeiten hat Philipp B., um das Chaos in seinem Laden beim nächsten Aktionstag zu vermindern? Begründen Sie ihre Vorschläge!



# Aufgabe 3

Das Tonhalle Orchester führt ein Konzert von J. S. Bach auf. Dabei werden die Billette an einer einzigen Verkaufskasse angeboten. Pro Stunde kommen durchschnittlich 30 Kunden an die Kasse. Der Verkäufer braucht pro Kunde durchschnittlich 20 Sekunden. Nehmen Sie nun an, dass die Ankunftsrate der Musikbegeisterten an der Kasse poissonverteilt sei. Zudem geht die Tonhalle Organisation davon aus, dass die Servicerate des Billettverkaufs auch poissonverteilt ist.

a) Wie hoch ist der durchschnittliche Auslastungsgrad des Billettverkaufs?



# Aufgabe 3

b) Wie gross ist die durchschnittliche Anzahl von Kunden im System?

c) Nehmen Sie nun an, die Servicerate sei wie oben beschrieben. Die Ankunftsrate sei aber durch die Tonhalleorganisation unterschätzt worden. Welchen Einfluss hat nun eine Erhöhung der Ankunftsrate auf die durchschnittliche Anzahl von Kunden im System?

d) Aufgrund der sehr hohen Nachfrage schlägt der Manager der Tonhalle vor, für die teuersten Kategorien eine separate Verkaufskasse einzurichten. Wie beurteilen Sie diese Idee?



# Aufgaben 4

Tscharlie – gescheitert im Jeans-Geschäft - betreibt nun mit grossem Elan Waschstrassen in mehreren Grossstädten. Nächstes Jahr soll eine neue Filiale eröffnet werden. Es wird damit gerechnet, dass durchschnittlich 75 Kunden pro Stunde ihr Auto waschen lassen wollen. Für den Waschservice können zwei unterschiedliche Waschanlagen gemietet werden. Anlage W90 kostet 200.000 CHF pro Jahr und hat eine Kapazität von 90 Kunden pro Stunde. Anlage X120 kostet 250.000 CHF pro Jahr und eine Kapazität von 120 Kunden pro Stunde.

- a) In welche Anlage sollte Tscharlie investieren, wenn die Waschstrasse an 365 Tagen im Jahr täglich 12 Stunden geöffnet ist, der Deckungsbeitrag pro Kunde 20 CHF beträgt und die Hälfte der Kunden nur den Service in Anspruch nimmt, wenn damit keine Wartezeit verbunden ist?
- b) Diskutieren Sie die Voraussetzungen, unter welchen Ihre Antwort unter a) Bestand hat.



# Aufgabe 5

An einer Tankstelle mit einer vollautomatischen Zapfsäule kommen durchschnittlich sechs Kunden pro Stunde an (poisson verteilt). Die Servicezeit beträgt vier Minuten pro Kunde. Nehmen Sie ferner an, dass die Kunden ihre Autos immer dann zum Auftanken fahren, wenn ihr Autotank nur noch zu einem Achtel gefüllt ist.

- a) Wie viele Autos stehen durchschnittlich vor der Zapfsäule in der Schlange?
- b) Nehmen Sie an, die Kunden befürchten eine Benzinpreiserhöhung und tanken ihr Auto bereits dann, wenn der Tank zur Hälfte gefüllt ist. Nehmen Sie zudem an, die Servicezeit verändert sich nicht. Wie viele Autos stehen nun durchschnittlich vor der Zapfsäule?



## Aufgabe 6

Am Check-In Schalter der Bliss-Airline stieg die Ankunftsrate (poissonverteilt) auf durchschnittlich 20 Kunden pro Stunde an, sodass der Manager von Bliss einen zweiten Schalter eröffnen muss. Marktstudien zeigen, dass Kunden Opportunitätskosten beim Warten in der Schlange von 15 Fr. pro Stunde haben. Das Schalterpersonal kostet 10 Fr. pro Stunde und hat eine Servicezeit von 3 Minuten (poissonverteilt). Welches der folgenden Check-In Systemen minimiert die totalen Wartekosten des Personals und der Kunden in der Schlange?



## Aufgabe 6

- a) Betrachten Sie ein System mit multiplen und separierten Warteschlangen, bei welchem die Kunden 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 7

Frau Kaufmann arbeitet zusammen mit ihrer Kollegin Frau Kienast in einer (take-away) Kaffeebar namens Tannenbaum-Bar. Die Tannenbaum-Bar hat zwei Kassen, an welchen die Kunden entweder von Frau Kaufmann oder Frau Kienast bedient werden. Durchschnittlich kommen 40 Kunden pro Stunde in die Bar. Die Ankunftsrate ist poissonverteilt. Um einen Kunden zu bedienen, benötigen Frau Kaufmann oder Frau Kienast jeweils durchschnittlich 72 Sekunden. Die Servicezeit ist exponentialverteilt.



# Aufgabe 7

- a) Gehen Sie davon aus, dass die Hälfte der ankommenden Kunden an die Kasse von Frau Kaufmann geht, die andere Hälfte an die Kasse von Frau Kienast. Zudem nehmen Sie an, dass die Kunden die Warteschlange nicht wechseln. Berechnen Sie die durchschnittliche Anzahl der Kunden in der Tannenbaum-Bar.
- b) Gehen Sie nun von einem M/M/2 Modell aus und berechnen Sie wiederum die durchschnittliche Anzahl der Kunden in der Tannenbaumbar. Die nachfolgende Tabelle und Gleichung gibt in einem allgemeinen M/M/c Modell ( $c \geq 1$ ) über die durchschnittliche Anzahl der Kunden in der Warteschlange und im System Auskunft. Vergleichen Sie das Ergebnis in Aufgabe 1b) mit dem Ergebnis in Aufgabe 1a) und erklären Sie mögliche Differenzen.



# Aufgabe 7

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:

$$L_q = L_s - \rho$$

