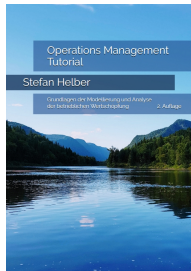


# Personaleinsatzplanung

## Problemaspekte

Prof. Dr. Stefan Helber



## Treiber der Personaleinsatzentscheidungen

- Sachgüterproduktion: Produktionsprogramme und Ablaufpläne
- Dienstleistungsproduktion: Spontane Kundenanfragen
  - ▶ Friseur
  - ▶ Notaufnahme im Krankenhaus
  - ▶ Feuerwehr
  - ▶ Call Center

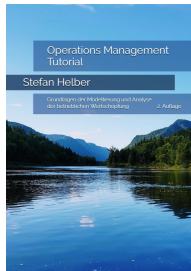
## Teilbereiche der Personaleinsatzplanung

- Personalbedarfsermittlung
  - ▶ Prognose
  - ▶ Serviceziele
- Personalbedarfsdeckung
  - ▶ Schichtmuster
  - ▶ Schichtpläne
  - ▶ Zuordnung (Rostering)

# Personaleinsatzplanung

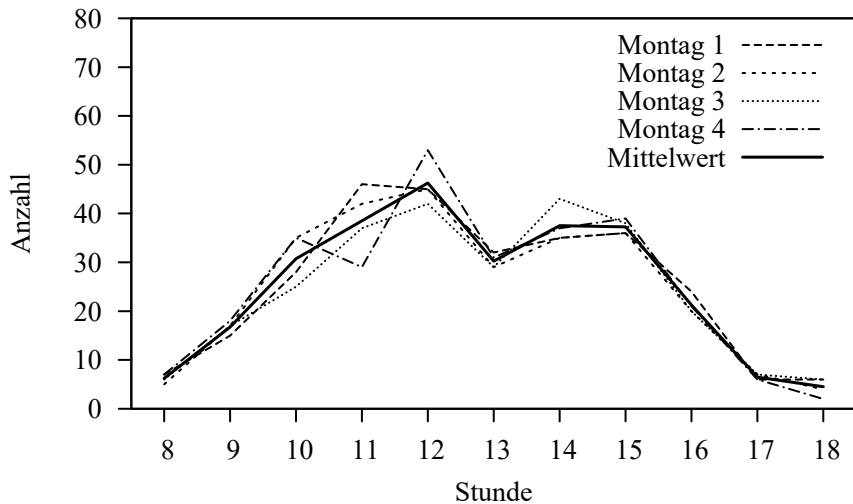
## Personalbedarfsermittlung im Call Center

Prof. Dr. Stefan Helber



# Prognose des Anrufaufkommens: Mittelwertbildung

Stündlicher Anrufeingang

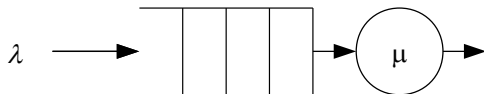


# Modell des Call Centers

Ankünfte

Warteraum

Server



Annahmen:

- homogene Anrufer mit unendlicher Geduld
- homogene Agenten
- unendlich viele Telefonleitungen

Approximation der Wartezeit nach Kingman

$$E[W_q] \approx \frac{c_a^2 + c_s^2}{2} \cdot \frac{\rho \sqrt{2(N+1)} - 1}{N(1 - \rho)} \cdot \frac{1}{\mu}$$

# Berechnung des minimalen Personalbedarfs

Kenngößen und Rechenschritte je Periode  $t$

- Anzahl der eingehenden Anrufe je ZE  $\lambda_t$
- Erwartungswert der Service-Zeit  $E[T^S]$
- Arbeitslast  $a_t = \lambda_t \cdot E[T^S]$
- Agentenzahl  $N_t$
- $\rho_t = \frac{a_t}{N_t}$

Beispiel für  $t = 15$ :

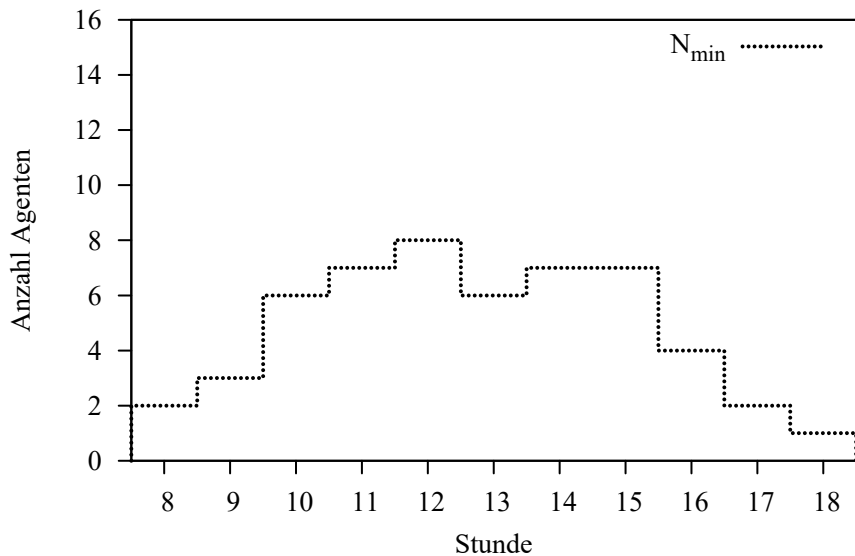
- $\lambda_{15} = 37,25 \text{ h}^{-1}$
- $E[T^S] = 600 \text{ sec}$
- $a_{15} = \lambda_{15} \cdot E[T^S] = 37,25 \text{ h}^{-1} \cdot 600 \text{ sec} = 6,208$
- minimal erforderliche Agentenzahl  $\lceil a_{15} \rceil = \lceil 6,208 \rceil = 7$
- Auslastung  $\rho_t = \frac{a_t}{N_t} = \frac{6,208}{7} = 88,7\%$

# Rechenblatt

	A	B	C	D	E
1	ETS [sec]	600			
2	c_S	0,5			
3					
4					
5	<b>Stunde</b>	<b>Lambda [h<sup>-1</sup>]</b>	<b>Lambda [sec<sup>-1</sup>]</b>	<b>a</b>	<b>N_min</b>
6	8	6,25	1,74E-03	1,042	2
7	9	16,75	4,65E-03	2,792	3
8	10	30,75	8,54E-03	5,125	6
9	11	38,50	1,07E-02	6,417	7
10	12	46,25	1,28E-02	7,708	8
11	13	30,25	8,40E-03	5,042	6
12	14	37,50	1,04E-02	6,250	7
13	15	37,25	1,03E-02	6,208	7
14	16	21,25	5,90E-03	3,542	4
15	17	6,50	1,81E-03	1,083	2
16	18	4,50	1,25E-03	0,750	1



# Minimaler Personalbedarf im Tagesverlauf



# Wartezeitorientierte Rechnung

## Problem

- Schwankungen der Zwischenankunftszeiten von Anrufen
- Schwankungen der Servicezeiten
- Konsequenz: Wartezeiten
- Lösung: zusätzliche Agenten

## Approximation der Wartezeit nach Kingman

$$E[W_q] \approx \frac{c_a^2 + c_s^2}{2} \cdot \frac{\rho \sqrt{2(N+1)} - 1}{N(1 - \rho)} \cdot \frac{1}{\mu}$$

# Wartezeitorientierte Rechnung: Beispiel für $N = 9$

$$\lambda = 37,25 \text{ h}^{-1}$$

$$c_a = 1$$

$$E[T_s] = 10 \text{ min}$$

$$\sigma_{T_s} = 5 \text{ min}$$

$$c_s = \frac{\sigma_{T_s}}{E[T_s]} = 0,5$$

$$\mu = \frac{1}{10} \text{ min}^{-1}$$

$$\rho = \frac{\lambda}{N \cdot \mu} = \frac{37,25 \cdot 10}{60 \cdot 9} = 68,98\%$$

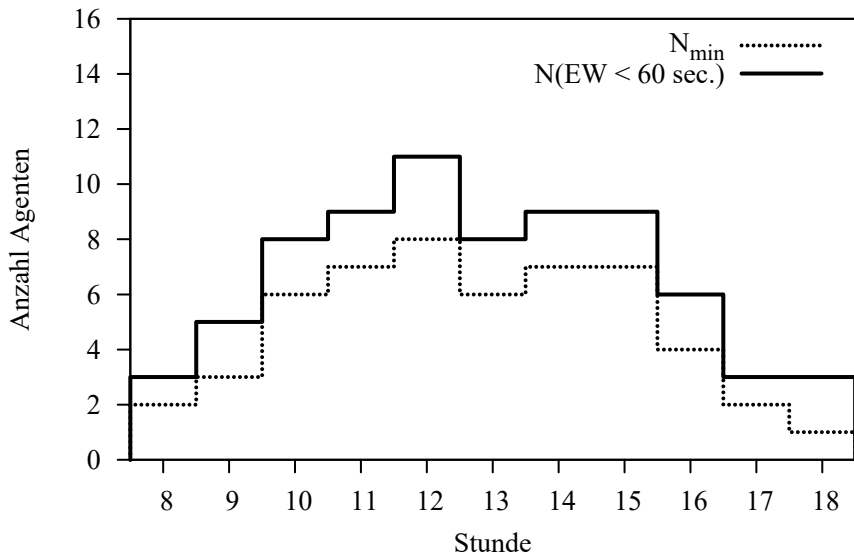
$$E[W_q] \approx \frac{c_a^2 + c_s^2}{2} \cdot \frac{\rho \sqrt{2(N+1)} - 1}{N(1 - \rho)} \cdot \frac{1}{\mu} = \frac{1 + 0,5^2}{2} \cdot \frac{(0,6898) \sqrt{2(9+1)} - 1}{9 \cdot (1 - 0,6898)} \cdot 600 \text{ sec}$$

$$E[W_q] \approx 37 \text{ sec}$$

# Rechenblatt, erwartete Wartezeit maximal 60 Sek.

		Erwartete Wartezeit in Abhängigkeit der Agentenzahl [sec]					
Stunde	a	N_min	EW( N_min )	EW( N_min+1 )	EW( N_min+2 )	EW( N_min+3 )	
8	1,042	2	152	28	7	2	
9	2,792	3	1578	143	40	14	
10	5,125	6	278	78	31	14	
11	6,417	7	495	116	45	20	
12	7,708	8	1140	170	63	28	
13	5,042	6	243	72	28	13	
14	6,250	7	356	96	38	18	
15	6,208	7	330	92	37	17	
16	3,542	4	629	110	36	14	
17	1,083	2	168	30	8	2	
18	0,750	1	1125	72	13	3	

# Personalbedarf im Tagesverlauf für Serviceziel



# Economies of Scale

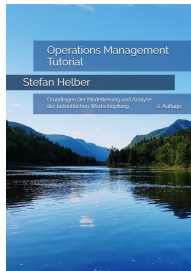
## Beobachtung und Einsicht

- Anzahl der zusätzlichen Agenten für Service-Ziel sinkt relativ zur Minimalzahl bei steigender Arbeitslast
- Call Center mit großer Arbeitslast können eine hohe Auslastung und niedrige Wartezeiten bieten

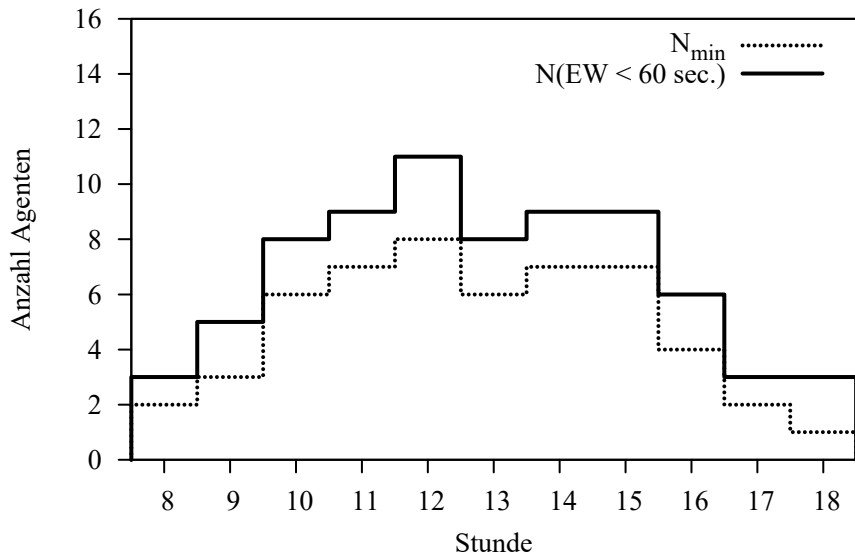
# Personaleinsatzplanung

## Personalbedarfsdeckung und Schichtplanung

Prof. Dr. Stefan Helber



# Angangspunkt: Personalbedarf im Tagesverlauf





# Problemstellung

## Schichtplanung

- lange Schichten: hohe Kosten oder schlechter Service
- (ultra-)kurze Schichten: niedrige Kosten, guter Service aber unzufriedene Agenten
- Suche nach gutem Kompromiss

# Schichtmuster mit Einsatzparameter $a_{ti} \in \{0, 1\}$

$t \backslash i$	Zeit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
8	7:00-8:00	1						1							
9	8:00-9:00	1	1		1			1	1						
10	9:00-10:00	1	1	1	1	1		1	1	1					
11	10:00-11:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
12	11:00-12:00		1	1		1	1		1	1	1	1			
13	12:00-13:00	1		1	1		1			1	1	1	1		
14	13:00-14:00	1	1		1	1					1	1	1	1	
15	14:00-15:00	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1
16	15:00-16:00	1	1	1		1	1						1	1	1
17	16:00-17:00		1	1			1							1	1
18	17:00-18:00			1											1

# Notation des Entscheidungsmodells

Symbol	Bedeutung
	Indizes und Indexmengen
$i = 1, \dots, I$	Schichttypen
$t = 1, \dots, T$	Perioden
	Parameter
$a_{ti}$	gleich 1, wenn im Schichttyp $i$ in Periode $t$ gearbeitet 0
$b_t$	Personalbedarf in Periode $t$
$c$	Personalkostensatz je Periode
	Entscheidungsvariablen
$X_i \in \{0, 1, 2, 3, \dots\}$	Anzahl eingeplanter Schichten vom Typ $i$

# Entscheidungsmodell der Schichtplanung

$$\text{Minimiere } Z = c \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T a_{ti} \cdot X_i \quad (1)$$

u. B. d. R.

$$\sum_{i=1}^I a_{ti} \cdot X_i \geq b_t, \quad t = 1, \dots, T \quad (2)$$

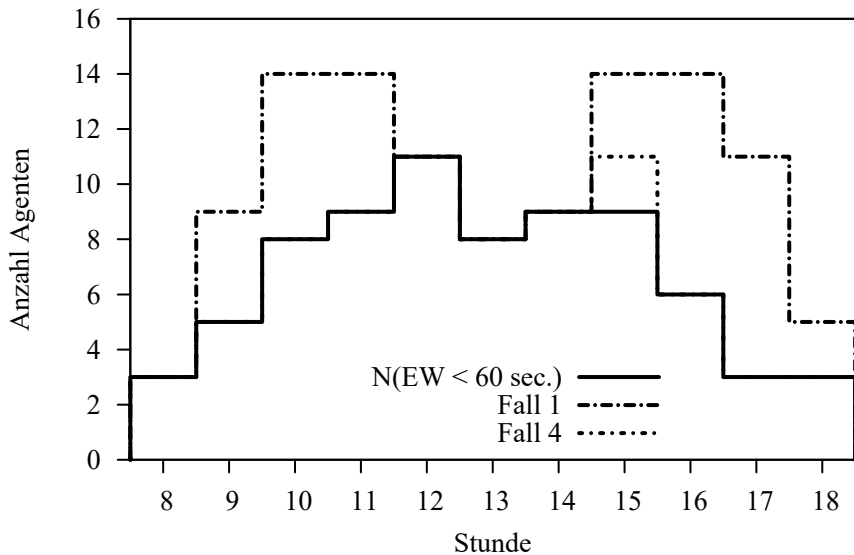
# Schichtmuster mit Einsatzparameter $a_{ti} \in \{0, 1\}$

$t \backslash i$	Zeit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
8	7:00-8:00	1						1							
9	8:00-9:00	1	1		1			1	1						
10	9:00-10:00	1	1	1	1	1		1	1	1					
11	10:00-11:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
12	11:00-12:00		1	1		1	1		1	1	1	1			
13	12:00-13:00	1		1	1		1			1	1	1	1		
14	13:00-14:00	1	1		1	1					1	1	1	1	
15	14:00-15:00	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1
16	15:00-16:00	1	1	1		1	1						1	1	1
17	16:00-17:00		1	1			1							1	1
18	17:00-18:00			1											1

# Lösungen bei unterschiedlichen Schichttypen

	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4
Verfügbare Schichttypen $i$	1 - 3	1 - 6	7 - 14	1 - 14
Lösung:				
$X_1$	3	3		
$X_2$	6	2		
$X_3$	5	3		
$X_4$				
$X_5$		4		2
$X_6$		2		
$X_7$			3	3
$X_8$			3	2
$X_9$			2	1
$X_{10}$			3	1
$X_{11}$			3	5
$X_{12}$				1
$X_{13}$			3	
$X_{14}$			3	3
Kosten	1120	1000	800	760

# Deckung des Personalbedarfs



# Ergebnis

## Einsichten

- Flexibilität erforderlich
- viele Teilzeitkräfte
- u. U. unregelmäßige Arbeitszeiten, unterschiedliche Schichttypen
- relativ hoher Planungsaufwand
- 100%-Auslastung i. d. R. nicht sinnvoll