

---

# Health Care Operations Management

—

## Methoden und Anwendungen

Prof. Dr. Jens O. Brunner

Lehrstuhl für Health Care Operations/Health Information Management – UNIKA-T  
Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Universität Augsburg

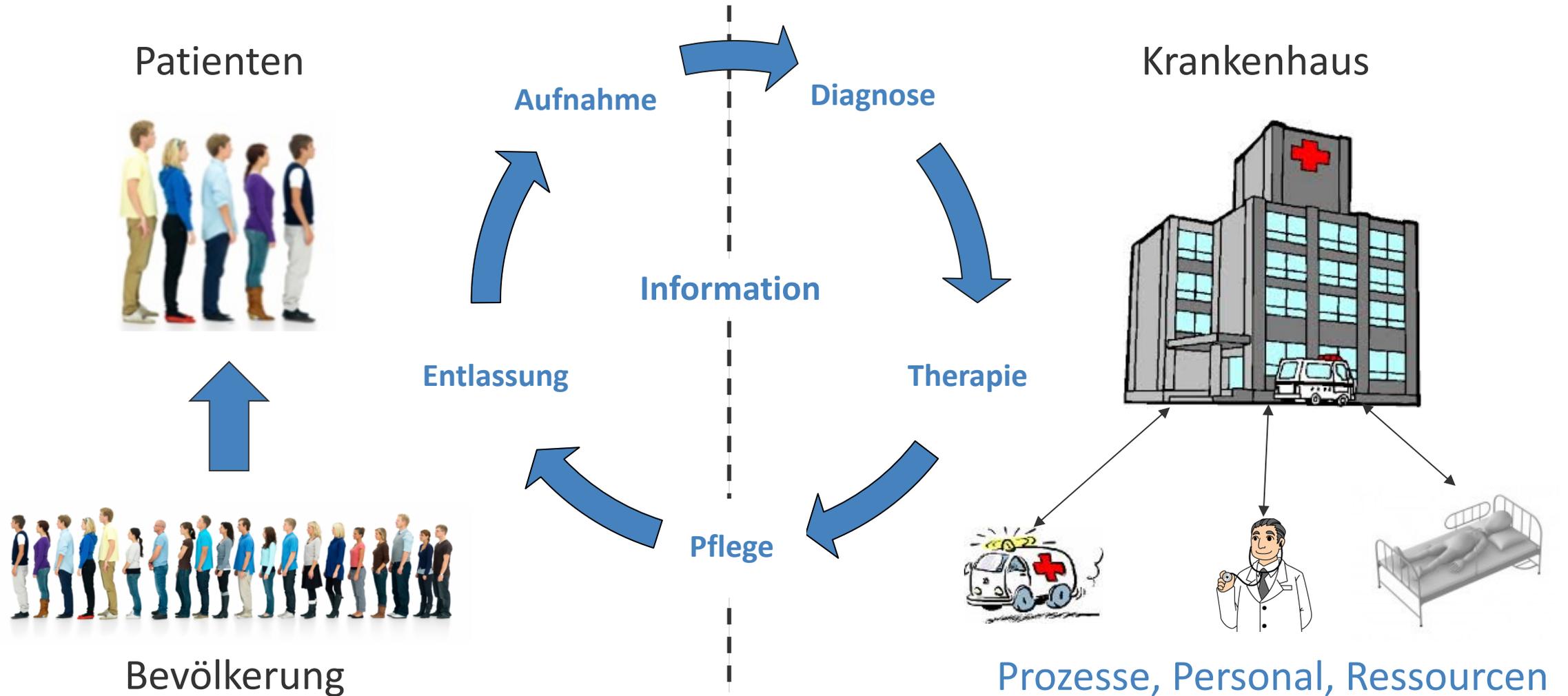
ifu Forum

Bochum, 11. Juni 2018

# Agenda

1. Einführung in Health Care Operations Management
2. Operationsraummanagement mittels Simulation
3. Personaleinsatzplanung mittels mathematischer Optimierung

# Patientenpfad im Krankenhaus



## Was ist Health Care Operations Management?

### Gesundheitsversorgung

Diagnose, Behandlung (Therapie) und Prävention von Leiden, Krankheiten, Verletzungen und anderen körperlichen und mentalen Beeinträchtigungen

# Health Care Operations Management

### Produktionsmanagement

Planung, Organisation, Durchsetzung und Kontrolle von Wertschöpfungs- und Leistungserstellungsprozessen

### Operations Research

Entwicklung und Einsatz von mathematischen Verfahren zur Entscheidungsvorbereitung, Entscheidungsfindung sowie Entscheidungsdurchführung und -kontrolle

### Definition

Health Care Operations Management beschäftigt sich mit der **entscheidungsunterstützenden Planung und Analyse** von (Dienstleistungs-, Produktions- und Informations-) **Prozessen in der Gesundheitsversorgung** mit quantitativen und/oder empirischen Methoden.

Daten führen zu besseren Entscheidungen

# Gesundheitsversorgung

Data Science/Informatik

Operations Management

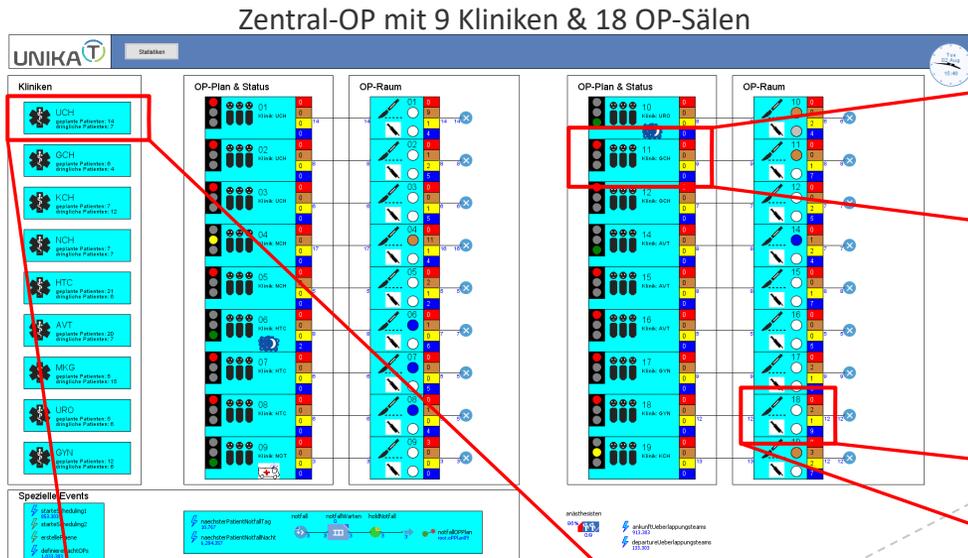


Definition der Anforderung an Informationssysteme

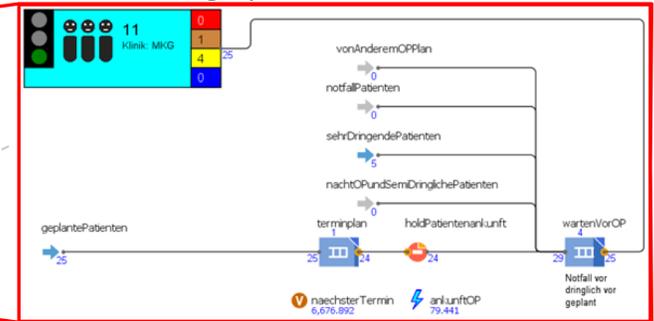
## Operationsraummanagement mittels Simulation

- Zentral-OP des Klinikum Augsburg hat 18 Säle (inklusive 1 Saal speziell für Notfälle)
  - 100 Wochen simuliert → Performancekennzahlen
  - 4 unterschiedliche Patiententypen
    1. **Elektive Patienten**
    2. **Semi-dringliche** Patienten (50% der dringlichen Patienten) → Vormerkung für nächsten Tag
    3. **Sehr-dringliche** Patienten (50% der dringlichen Patienten) → Einplanung im Tagesprogramm
    4. **Notfälle** → Zuordnung Notfall OP-Saal (bevorzugt) oder freier Saal
  - Behandlungsdauern werden aus den **empirischen Verteilungen** der jeweiligen Klinik gezogen
- Valide Abbildung des Status Quo durch die Simulation
- Evaluation unterschiedlicher Handlungsalternativen (Überlappende Einleitung, Pufferplanung, verlängerte Öffnungszeiten etc.)

# Implementierung in AnyLogic (Simulationssoftware)



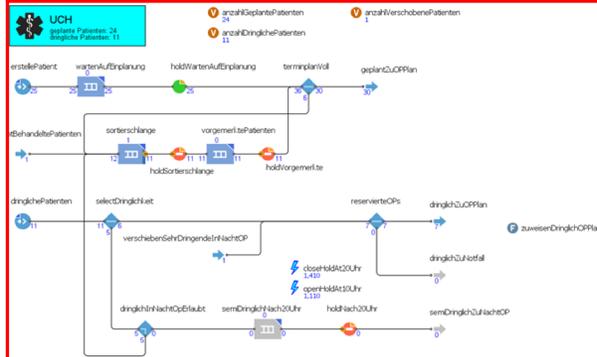
Tagesplan eines OP-Saals



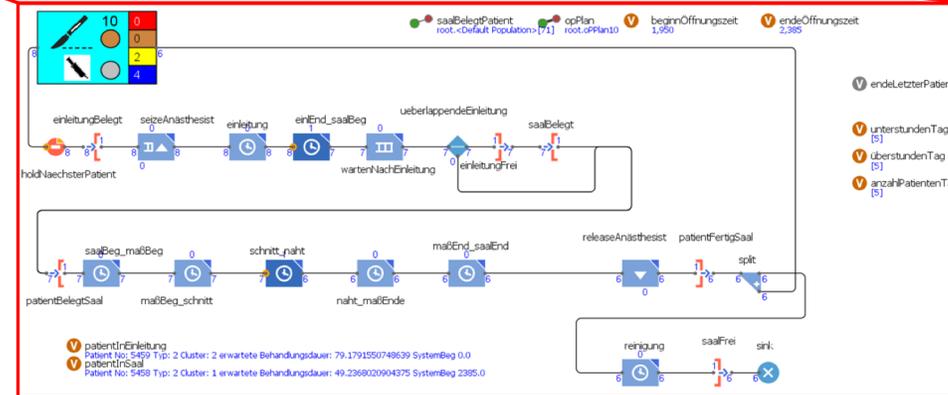
Leistungskennzahlen



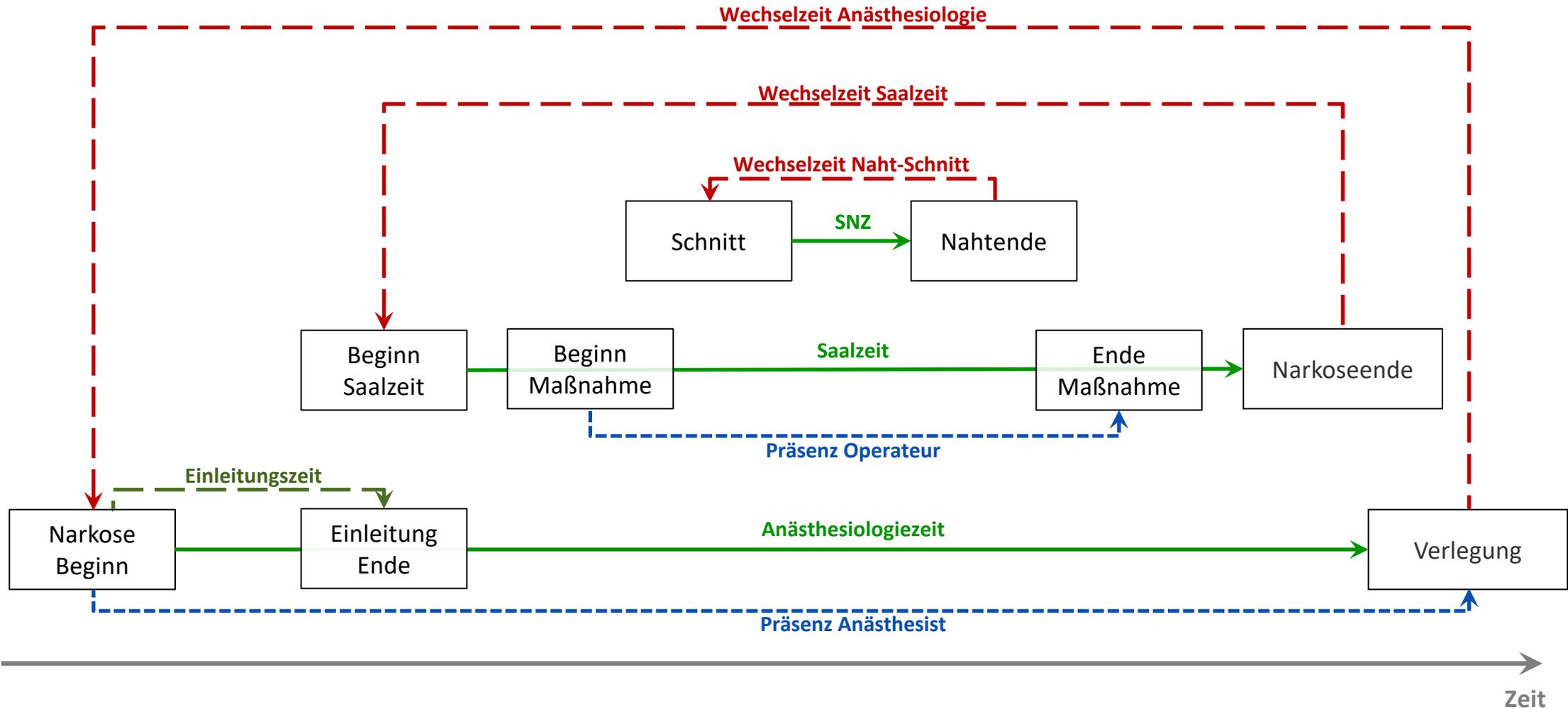
Klinik



OP-Saal



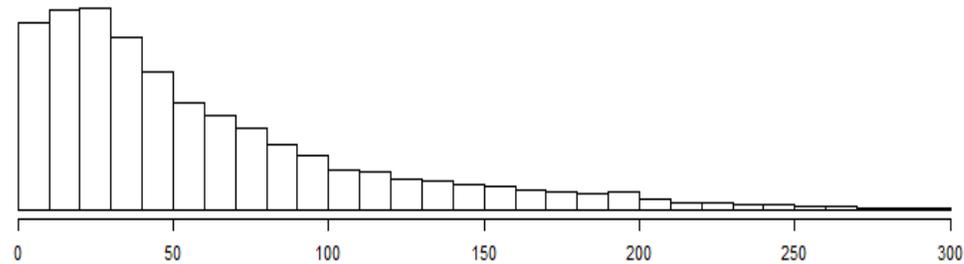
# Übersicht über die Prozessschritte einer OP



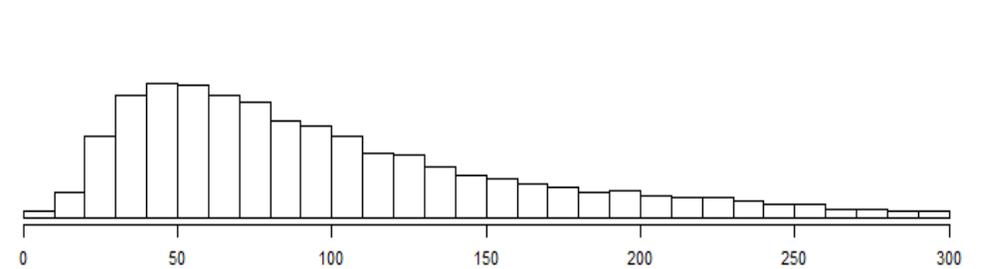
## Wertschöpfende Zeiten

- **Kernprozess** (direkter Patientennutzen): SNZ (evtl. Saalzeit)
- **Unterstützungsprozesse**: Einleitung/Ausleitung, Saalreinigung etc.

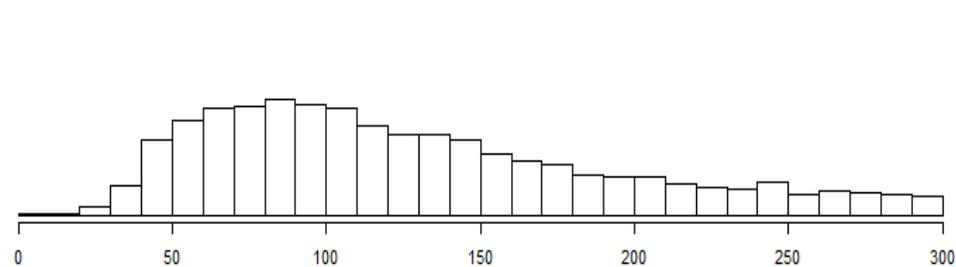
### SNZ



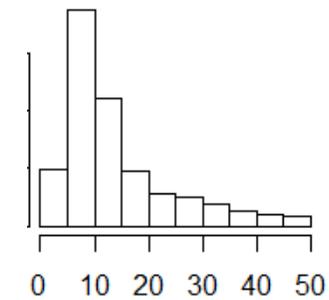
### Saalzeit



### Anästhesiologiezeit



### Einleitungszeit



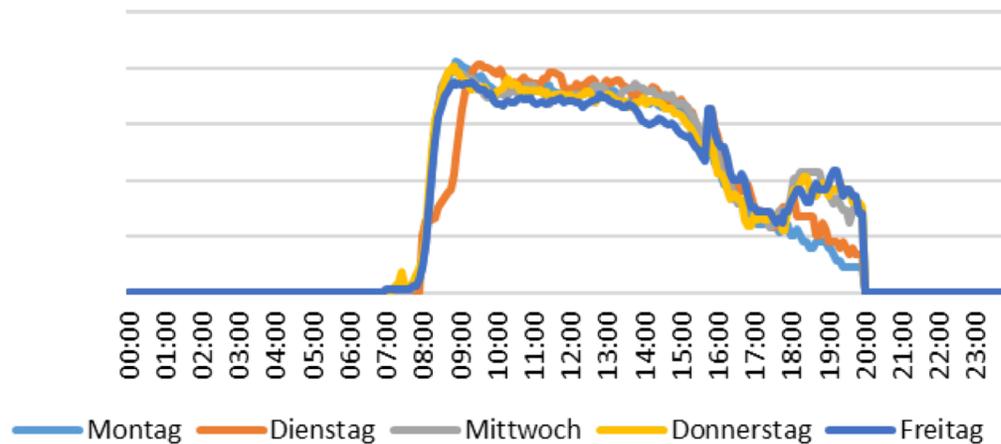
## ZOP Auslastung Saalzeit 60% bis 80% in den Kernzeiten

- Saalöffnung: Standardöffnungszeiten 7:30 bis 15:45 Uhr, Dienstags i.d.R. 8:30 – 15:45

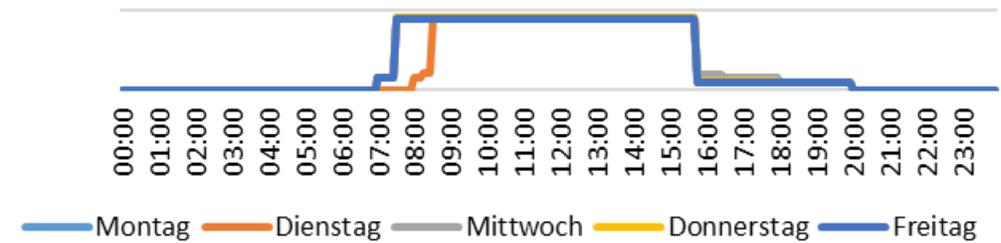
→ Auslastung Saalzeit in den Kernzeiten

→ Auslastung flacht freitags nach 13:00 deutlich ab

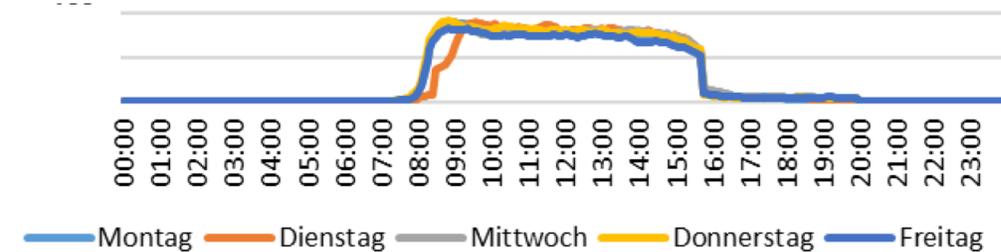
Auslastung



Saalöffnungszeiten

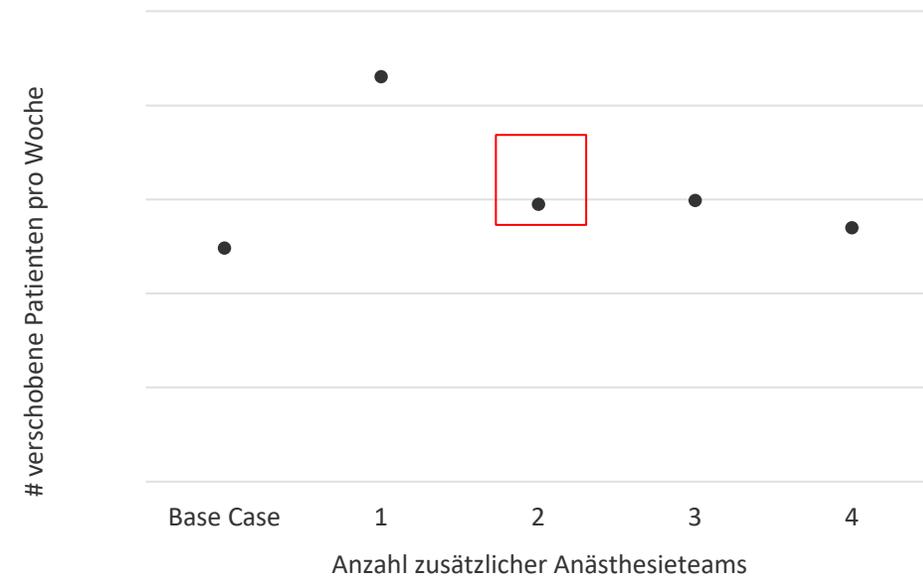
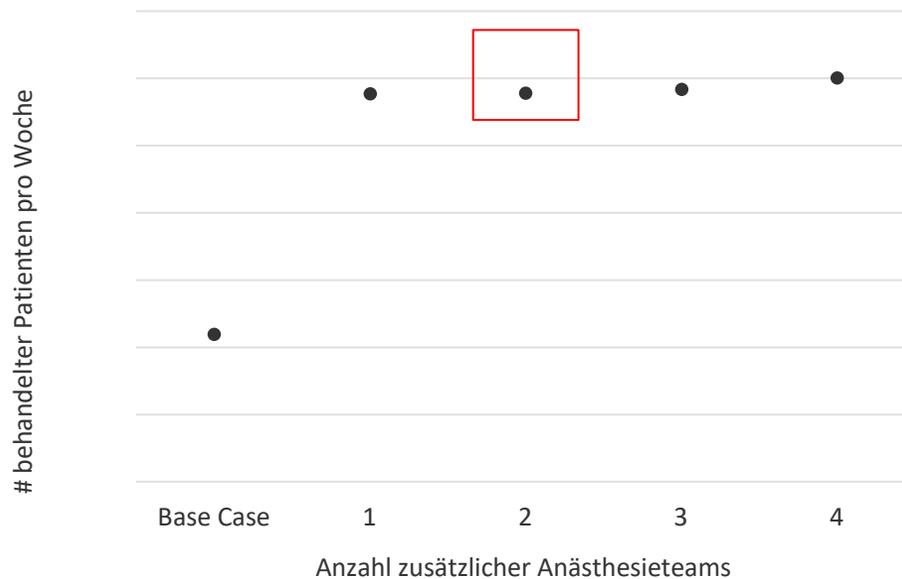


Saalbelegung



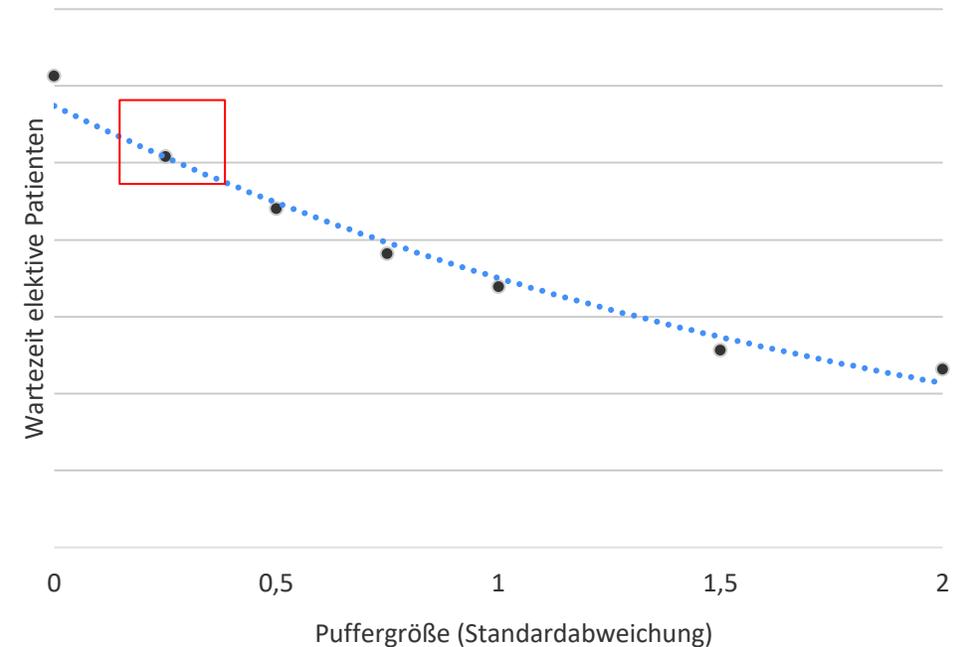
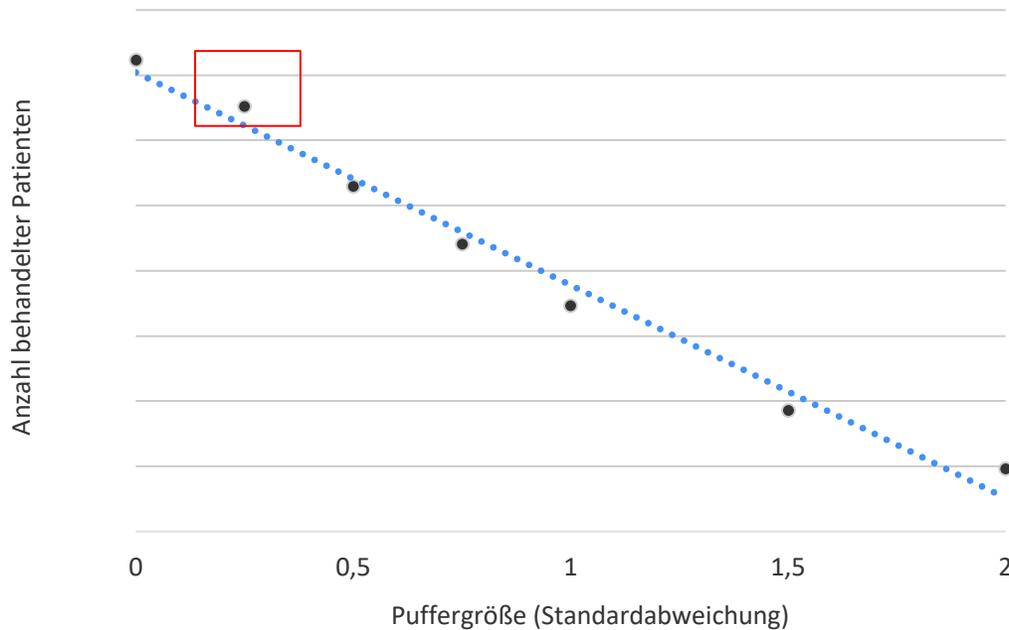
## Überlappende Einleitungen

- Großes Potenzial zur Steigerung der Behandlungszahlen
- IT Unterstützung und klar definierte Standardprozesse sowie Patientenmanagement sind notwendig
- Überlappende Einleitungen ist praktikabel bei 2 Anästhesie-Überlappungsteams (Überlappungsteams auch für Notfall-OP verfügbar)



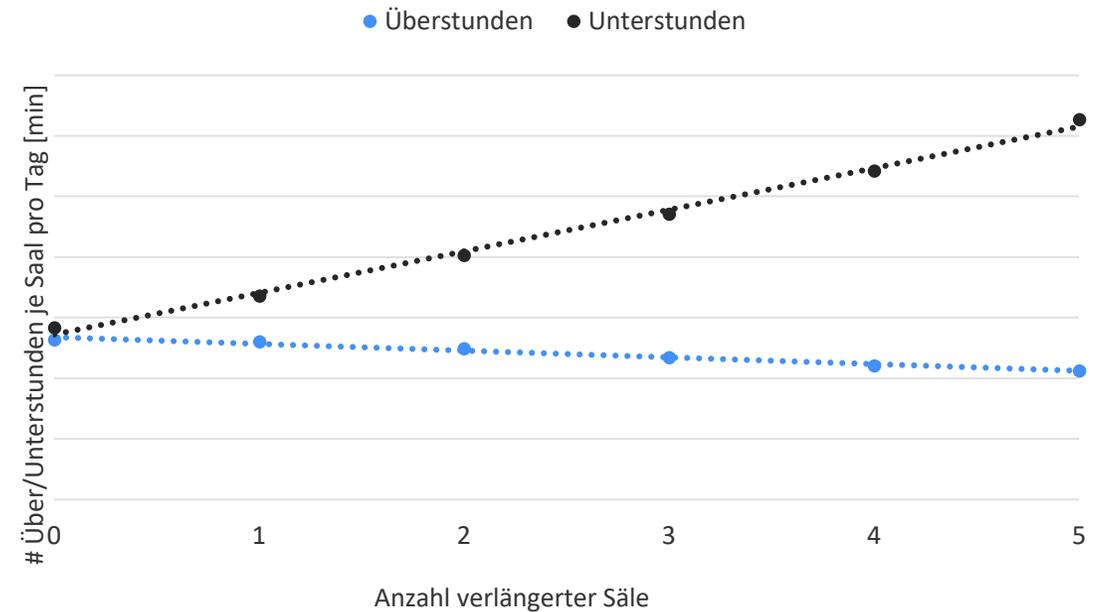
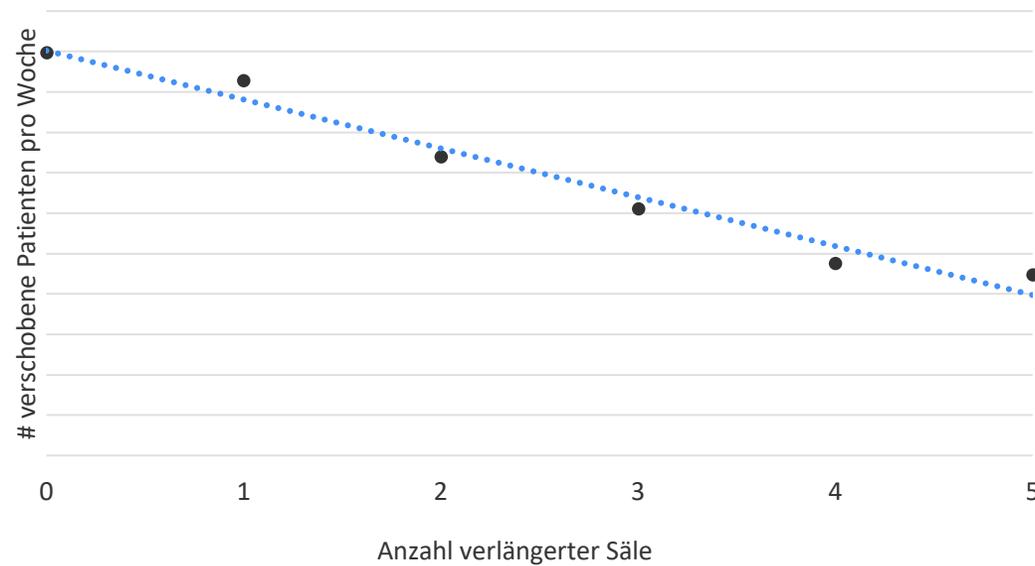
## Pufferzeiten bei der Patientenplanung

- Verringerung der Anzahl eingeplanter Patienten und verschobener Operationen
- Puffer ist sinnvoll zur Reduktion der Wartezeiten von Notfällen
- Nur **kleine Puffer** (bis 0,25 Standardabweichungen) bieten ein attraktives Kosten-/Nutzenverhältnis



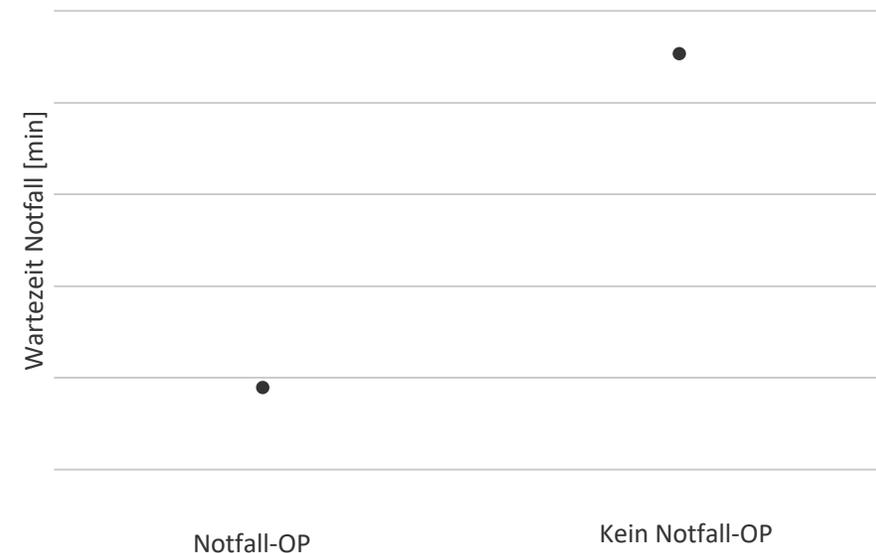
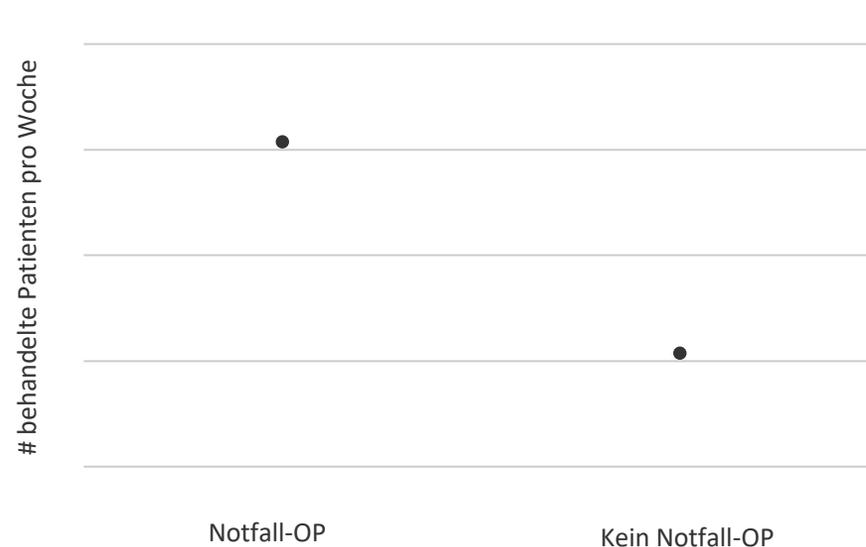
## Auswirkungen verlängerter Öffnungszeiten

- Reduktion der Anzahl von verschobenen Patienten und Abbau von Überstunden
- Wartezeit bei sehr-dringlichen Patienten kann verringert werden
- Gestaffelte Öffnungszeiten ist sehr sinnvoll: 3 Säle bis 18 Uhr und 2 Säle bis 20 Uhr



## Auswirkungen von Schließung des Notfall-OP Saals (Betrachtung 17 Säle)

- Kleine Verringerung der operierten Patienten
- Mehr Operationen müssen verschoben werden
- Wartezeit von Notfällen steigt (Annahme Simulation: Notfälle kommen unangekündigt und warten sofort → Realität: Reservierung frei gewordener Säle bis zur Ankunft des Patienten verringert Wartezeit)



## Relevanz der Personalplanung steigt

### Krankenhaussektor

---

- Steigende Nachfrage nach Gesundheitsdienstleistungen
- Hohe Gesundheitsausgaben (ca. 10% BIP, Tendenz steigend)
- Ca. 30% der Kosten im Krankenhaussektor
- Viele Krankenhäuser generieren Verluste



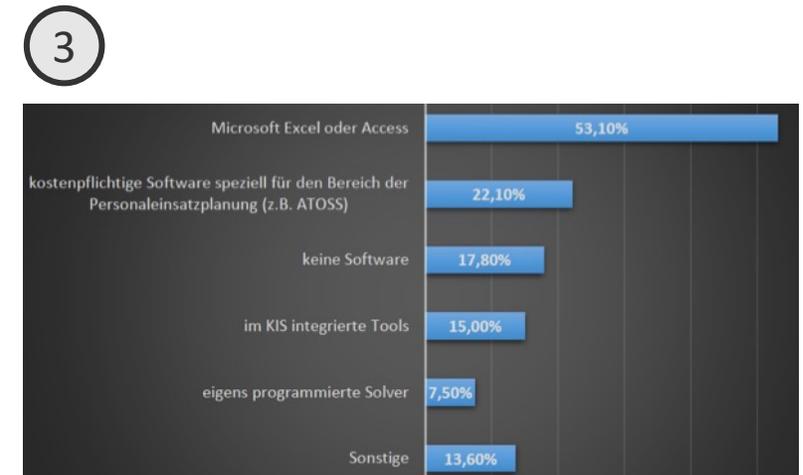
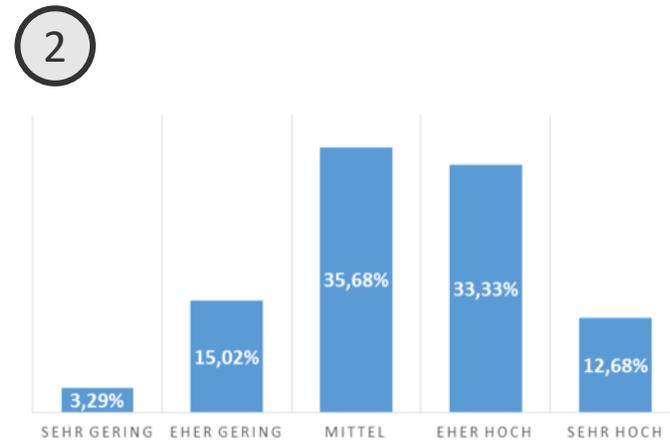
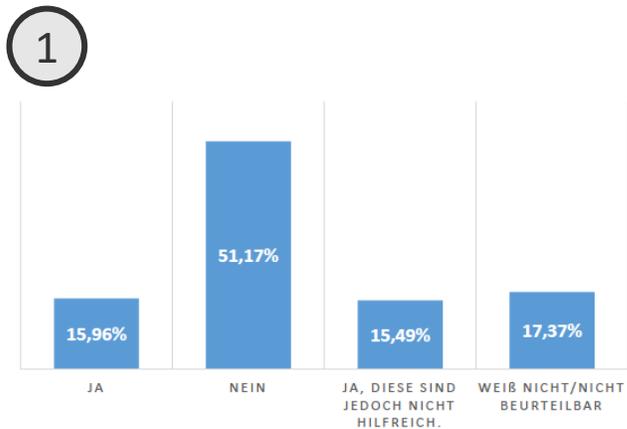
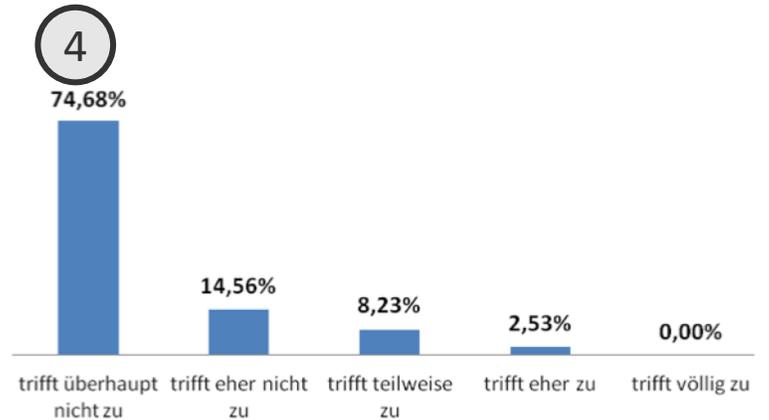
### Personalplanung

---

- Personalkosten sind größter Kostenblock
- Kompetitiver Wettbewerb um qualifizierte Ärzte
- Traditionelle Motivation: Gehalt, Ausbildung
- Neuer Fokus: Work-Life-Balance
- Steigende Bedeutung von Fairness und Präferenzen (Mitarbeiterzufriedenheit)

## Aktuelle Umfrage zu KIS und Personal (206 Bögen ausgewertet)

1. Verfügt das KIS über Personaleinsatzplanungstools?
2. Wie hoch ist der Planungsaufwand für die Personaleinsatzplanung?
3. Welche Software wird für die Personaleinsatzplanung genutzt?
4. Automatisierte Personaleinsatzplanung mit Hilfe des KIS?



# Komplexität der Einteilung von Ärzten im Krankenhaus

## Harte Voraussetzungen...

---

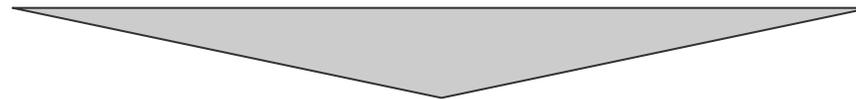
- Starke Fluktuation des Bedarfes
- Arbeitszeitgesetz
- Irreguläre Dienste (24/7)
- Heterogene Arbeitsverträge
- Qualifikationen



## ...und „weiche“ Bedingungen

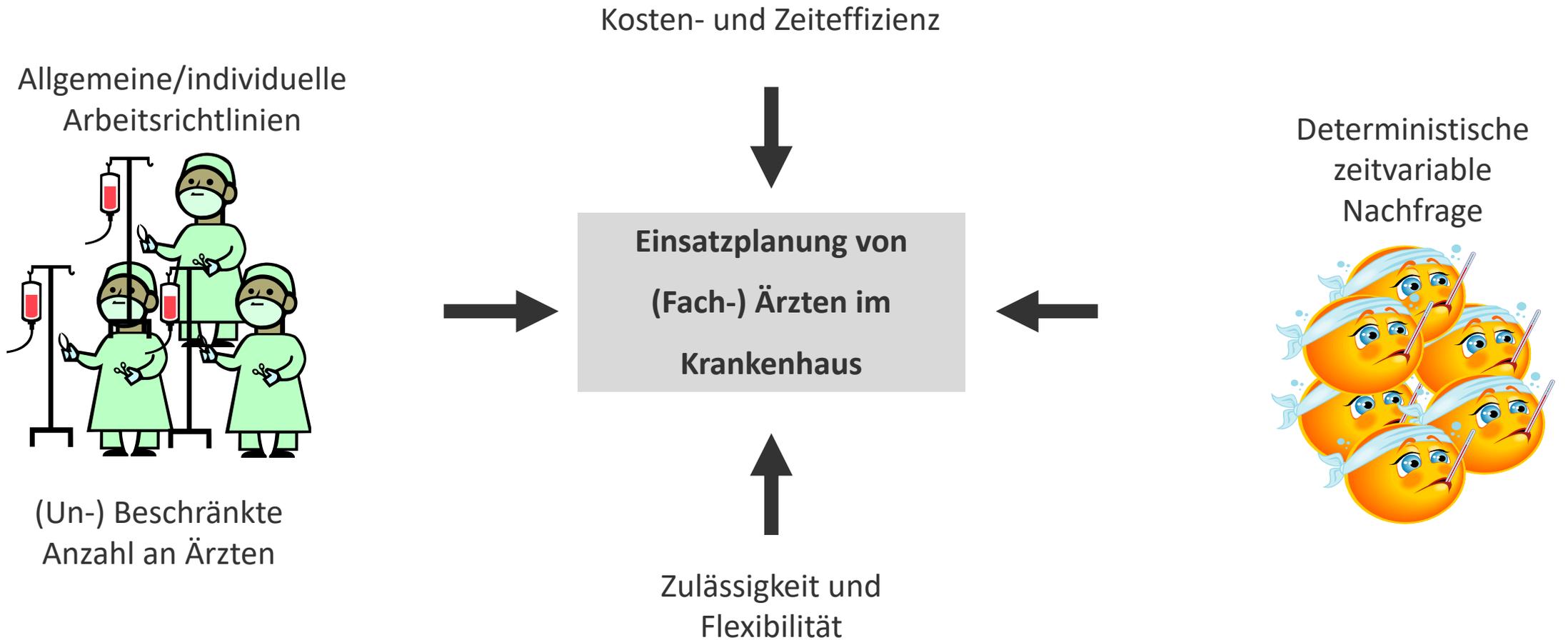
---

- Individuelle Wünsche und Präferenzen
- (Langzeit-) Fairness
- Integration der Weiterbildung zum Facharzt



- Kosten- und zeitintensive (manuelle) Planerstellung mit meist unzulässigen Arbeitsplänen
- Keine allgemeingültige Modellformulierung des Problems
- Herausforderung ist die Generierung zulässiger Pläne durch automatisierte und effiziente Methoden

# Problemstellung flexible Schichtplanung



## Problembeschreibung der flexiblen Schichtplanung für Ärzte

- (Fach-) Ärzte im Krankenhaus
  - Planungshorizont beträgt mehrere Wochen (z.B. 4 Wochen)
  - Periodenbasierte deterministische Nachfrage
  - Flexible Arbeitsmuster
    - Minimale und maximale Schichtlänge
    - Minimale Ruhephasen zwischen Schichten
    - Maximale Wochenarbeitszeit
    - Integrierte Pausenplanung
  - Bereitschaftsdienste
  - Unterschiedliche Qualifikations-/Erfahrungsniveaus
  - Berücksichtigung von Fairness und Präferenzen
1. Welchen Effekt haben flexible Schichten auf die Personalkosten für Ärzte im Krankenhaus?
  2. Ist die Integration von Fairness und Präferenzen bei der Planerstellung möglich?
  3. Wie kann ein effizientes Verfahren zur Lösung des Problems entwickelt werden?

# Mathematisches Modellierung mittels Dantzig-Wolfe Dekomposition

$$(1) \min \sum_{j \in \mathcal{J}} \sum_{k \in \mathcal{K}(j)} c_{j,k} \lambda_{j,k}$$

subject to

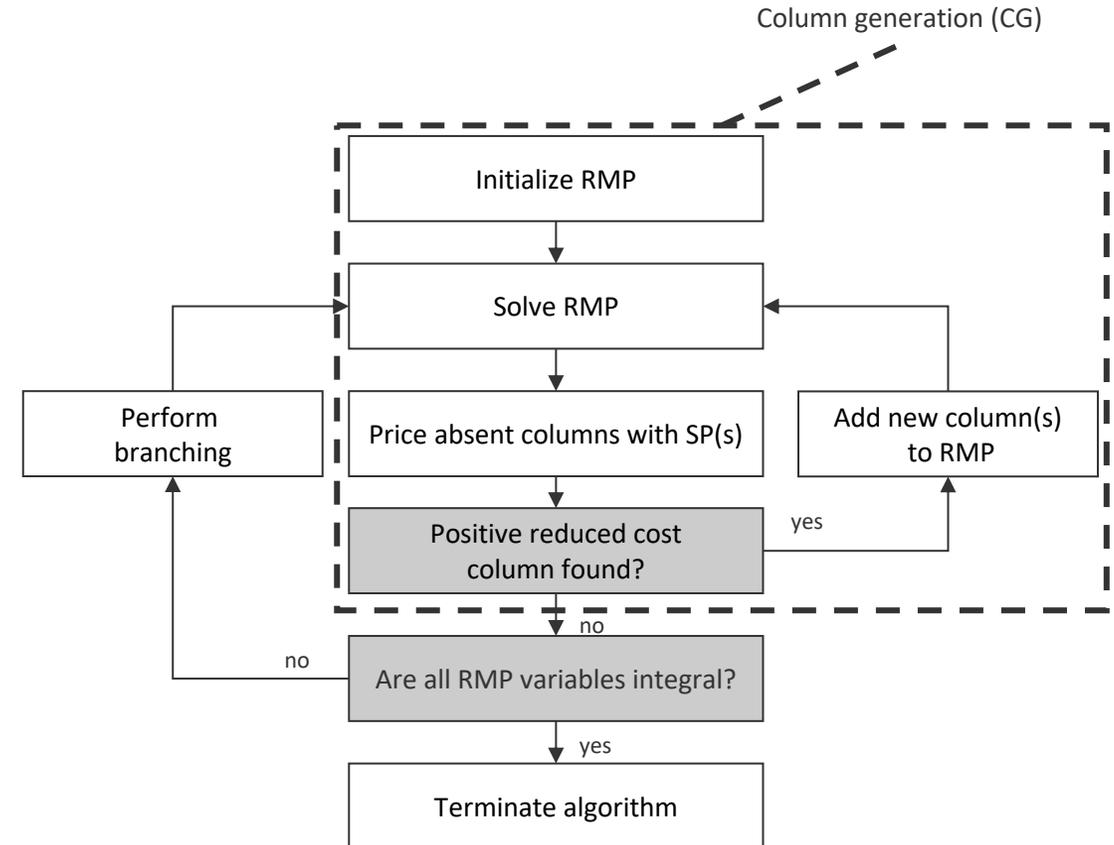
Dualwerte

$$(2) \sum_{j \in \mathcal{J}} \sum_{k \in \mathcal{K}(j)} (X_t^{j,k} - Y_t^{j,k}) \lambda_{j,k} \geq d_t \quad \forall t \in \mathcal{T} \quad \rightarrow \quad \delta \geq 0$$

$$(3) \sum_{j \in \mathcal{J}} \sum_{k \in \mathcal{K}(j)} Z_t^{j,k} \lambda_{j,k} = d_t^{oc} \quad \forall t \in \mathcal{L} \quad \rightarrow \quad \delta^{oc}$$

$$(4) \sum_{k \in \mathcal{K}(j)} \lambda_{j,k} \leq n_j \quad \forall j \in \mathcal{J} \quad \rightarrow \quad \mu \leq 0$$

$$(5) \lambda_{j,k} \geq 0 \text{ und ganzzahlig} \quad j \in \mathcal{J}, k \in \mathcal{K}(j)$$

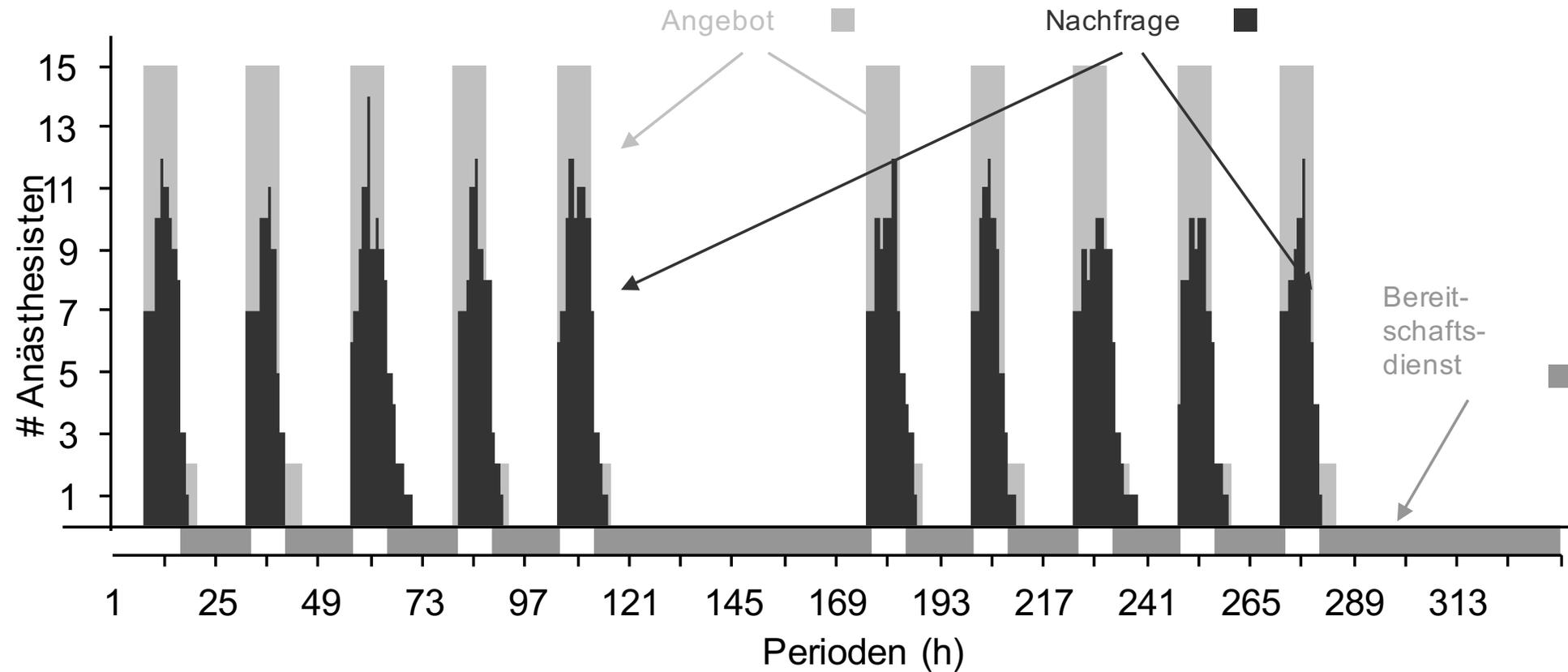


## Fallstudie Anästhesie

- 16 Anästhesisten mit identischer Qualifikation
- Zeitvariable Nachfrage für einen 2-Wochen Planungshorizont mit 336 Perioden (h)
- Vordefinierter Bereitschaftsdienst in Bezug auf die Startperiode und die Dauer
- Maximale Schichtlänge von 13 h inklusive einer Mittagspause (1 h)
- Minimale Schichtlänge von 7 h inklusive einer Mittagspause (1 h)
- 12 h Ruhephase nach einer Schicht
- Jeder Schicht wird eine Mittagspause (1 h) zugewiesen

## Manuelle Planerstellung

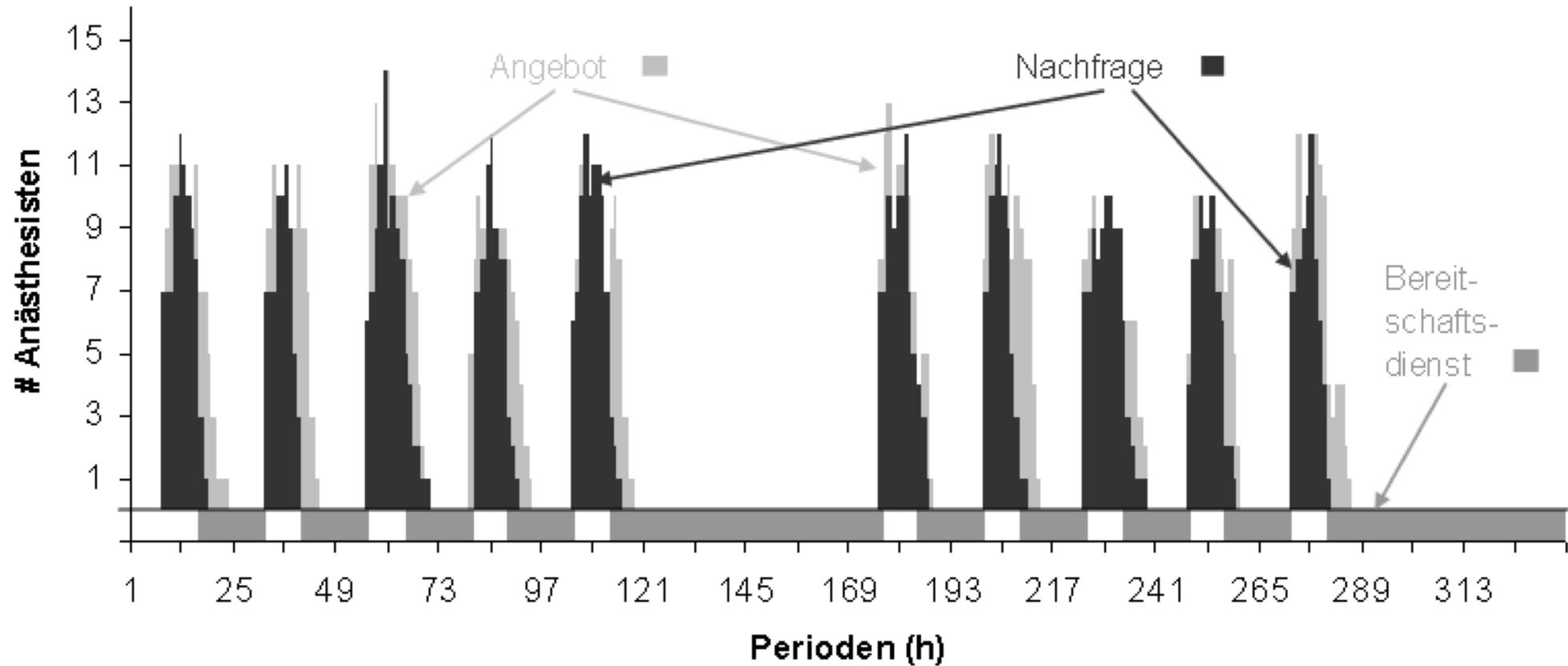
- 160 Überstunden und einige unzulässige Zuweisungen





## Automatische Planerstellung

- Keine Überstunden und nur zulässige Zuweisungen (inklusive Mittagspausen/Präferenzen)



## Betriebswirtschaftliche Erkenntnisse

1. Zulässige Arbeitspläne in Bezug auf arbeitsrechtlichen Normen
2. Erhebliche Zeitersparnis bei der Planerstellung
3. Flexibilität beeinflusst/reduziert die Personalkosten
4. Berücksichtigung von Fairness und Mitarbeiterpräferenzen steigert die Zufriedenheit
5. Strategische Personalplanung schafft Sicherheit

## Umsetzung in die Praxis am Beispiel der Anästhesie: Dienst- und Tagesplanung

- Dienst ist durch nicht-reguläre Arbeitszeiten definiert (Regulär: 8.5 Stunden ab 7:30 Uhr)
- **24-Stunden-Dienste** und **Spätdienste** mit Planungszeitraum 4 Wochen
  - Präferenzen
  - Fairness
- Dienste sind keine physischen Arbeitsplätze
- Tagesplanung auf **Arbeitsplätze** mit Planungszeitraum 1 Woche
  - Dienstplan
  - Abwesenheitsplan (Urlaub)
  - Quartalsplan (Weiterbildung)
- Dienste und Arbeitsplätze haben Qualifikationsanforderungen
- Ärzte besitzen Qualifikationen und Erfahrungsstufen (Dienstgruppen)



# Modell zur Dienstplanung

## Ärzte werden zu Diensten zugewiesen (Zeitraum: Monat)

### 24-Stunden-Dienste

- Ein Arzt pro Dienstgruppe
- Weitere Ärzte für Notarzt- und Aufwachraumdienste

### Spätdienste

- Spätdienste: Sechs 4-Tage Dienste (S1, S2, S3, S4, S5, S6)
- Prämedikationsambulanz: Vier 4-Tage Dienste (P1, P2, P3, P4)
- Aufwachraum, Schmerzdienst: Drei 5-Tage Dienste (AST, ANT, ZIS)

### Zielfunktion

- Maximiere zulässige Zuordnungen von Ärzten zu Diensten
- Bestrafe Abweichungen der „weichen Restriktionen“

## Harte und weiche Restriktionen

### **Verletzungen sind nicht erlaubt**

---

- Keine Überschreitung der Nachfrage (Dienst/Tag/Woche)
- Arbeitszeitregelungen
- Maximal eine Dienstzuweisung pro Arzt und Tag
- Freier Tag nach einem 24-Stunden-Dienst
- Freier 5. Tag in einer 4-Tage-Spätendienst Woche (besetzt durch den selben Arzt)
- Abwesende Ärzte können nicht eingeteilt werden
- ...

### **Verletzungen sind erlaubt und werden bestraft**

---

- Ärzte können sich Tage ohne Dienste oder spezielle Dienste wünschen
- Faire Verteilung der 24-Stunden-Dienste über die Ärzte
- Bei einem 24-Stunden-Dienst am Samstag soll der Arzt einen weiteren 24-Stunden-Dienst am folgenden Donnerstag erhalten, um so ein langes Wochenende zu haben
- Diensteinteilung maximal jedes zweite Wochenende
- ...

# Mathematisches Modell

$$\begin{aligned} \text{Maximise } & \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} \sum_{w \in W} \sum_{t \in T} r_{ji}^{\text{duty}} x_{jiwt} - \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} \sum_{w \in W} \sum_{t \in T} c^{\text{req-on}} \Delta_{jiwt}^{\text{req-on}} - \sum_{j \in J} \sum_{w \in W} \sum_{t \in T} c^{\text{req-off}} \Delta_{jw}^{\text{req-off}} - \sum_{j \in J} c^{24h} \Delta_j^{24h} \\ & - \sum_{e \in \{D1, D2, D3\}} c^{\text{exp}} (\Delta_e^{\text{pos-exp}} + \Delta_e^{\text{neg-exp}}) \end{aligned} \quad (1)$$

subject to

$$\sum_{j \in J: E_i^{\text{duty}} \subset E_j^{\text{phy}}} x_{jiwt} \leq \bar{a}_{iwt}^{\text{duty}} \quad \forall i \in I, w \in W, t \in T \setminus T_{jw}^{\text{off}} \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J: E_i^{\text{duty}} \not\subset E_j^{\text{phy}}} x_{jiwt} = 0 \quad \forall i \in I, w \in W, t \in T \quad (3)$$

$$x_{jiwt} + \Delta_{jiwt}^{\text{req-on}} \geq 1 \quad \forall j \in J, i \in I, w \in W, t \in T, g_{jiwt}^{\text{req-on}} = 1 \quad (4)$$

$$\sum_{i \in I} x_{jiwt} - \Delta_{jw}^{\text{req-off}} \leq 0 \quad \forall j \in J, w \in W, t \in T, g_{jw}^{\text{req-off}} = 1 \quad (5)$$

$$\sum_{i \in I} x_{jiwt} \leq 1 \quad \forall j \in J, w \in W, t \in T \quad (6)$$

$$\sum_{i \in I} x_{jiwt} = 0 \quad \forall j \in J, w \in W, t \in T_{jw}^{\text{off}} \quad (7)$$

$$\sum_{i \in I^{24h} \setminus \{24h\text{-SEN}\}} x_{jiw(t-1)} + \sum_{i \in I} x_{jiwt} \leq 1 \quad \forall j \in J, w \in W, t \in T \quad (8)$$

$$\sum_{i \in I^{24h} \setminus \{24h\text{-SEN}\}} x_{ji(w-1)7} + \sum_{i \in \{S1, S2\}} x_{jiw2} \leq 1 \quad \forall j \in J, w \in W \quad (9)$$

$$\sum_{j \in J} z_{jiw} \leq 1 \quad \forall i \in I^{\text{late}} \setminus \{P3, P4, R1, R2\}, w \in W \quad (10)$$

$$\sum_{\tau \in \{t \in T^{\text{nook}}, t \neq T_i^{\text{dk}}\}} x_{jiw\tau} = 4z_{jiw} \quad \forall j \in J, i \in I^{\text{late}} \setminus \{P3, P4, R1, R2\}, w \in W \quad (11)$$

$$\sum_{v \in I} x_{jvw} T_i^{\text{dx}} \leq 1 - z_{jiw} \quad \forall j \in J, i \in I^{\text{late}} \setminus \{P3, P4, R1, R2\}, w \in W \quad (12)$$

$$x_{ji(w-1)6} - x_{jiw4} = 0 \quad \forall j \in J, i \in I^{24h} \setminus \{24h\text{-SEN}, 24h\text{-EM}\}, w \in W \quad (13)$$

$$\sum_{v \in I} \sum_{t=5}^7 x_{jvwt} \leq 3(1 - x_{ji(w-1)6}) \quad \forall j \in J, i \in I^{24h} \setminus \{24h\text{-SEN}, 24h\text{-EM}\}, w \in W \quad (14)$$

$$\sum_{i \in I^{24h}} (x_{jiw6} + x_{jiw7}) \leq 2x_{jw}^{\text{WE}} \quad \forall j \in J, w \in W \quad (15)$$

$$x_{jw}^{\text{WE}} + x_{j(w-1)}^{\text{WE}} \leq 1 \quad \forall j \in J, w \in W \quad (16)$$

$$\sum_{i \in I^{24h}} \sum_{w \in W} \sum_{t \in T} x_{jiwt} - \Delta_j^{24h} \leq g^{24h} \quad \forall j \in J \quad (17)$$

$$\sum_{j \in J: e \in E_j^{\text{phy}}} \sum_{i \in \{S3, S4, S5\}} z_{jiw} = g_e^{\text{exp}} - \Delta_e^{\text{neg-exp}} + \Delta_e^{\text{pos-exp}} \quad \forall w \in W, e \in \{D1, D2, D3\} \quad (18)$$

$$\sum_{j \in J: \{\text{SUB}\} \subset E_j^{\text{phy}}} \sum_{i \in \{S1, S2, S6\}} z_{jiw} \geq 1 \quad \forall w \in W \quad (19)$$

$$\sum_{j \in J: \{D1\} \subset E_j^{\text{phy}}} \sum_{i \in \{P1\}} z_{jiw} \geq 1 \quad \forall w \in W \quad (20)$$

$$\sum_{j \in J: \{D2\} \subset E_j^{\text{phy}}} \sum_{i \in \{P2\}} z_{jiw} \geq 1 \quad \forall w \in W \quad (21)$$

$$x_{jiwt}, \Delta_{jiwt}^{\text{req-on}}, \Delta_{jw}^{\text{req-off}}, x_{jw}^{\text{WE}}, z_{jiw} \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J, i \in I, t \in I^{\text{late}}, w \in W, t \in T \quad (22)$$

$$\Delta_j^{24h}, \Delta_e^{\text{pos-exp}}, \Delta_e^{\text{neg-exp}} \geq 0 \text{ and integer} \quad \forall j \in J, e \in E \quad (23)$$

## Dienstplan – Beispiel

### 24-Stunden-Dienste

Dat	Oberarzt	FOA	1. Dienst	2. Dienst	3. Dienst	Notarzt
1	Wagner	Fink	Schüller	Krause	Vetttl	Bach
2	Berger	Pfeifer	Wenzel	Lauth	Bachler	
3	Berger	Jelen	Kecht	Mayer	Meyer	
4	Berger	Podtschasl	Fageth	Huber	Bender	Binder
5	Schneider	Ottl	Kneitz	Wallner	Vetttl	Krause
6	Rust	Bader	Fageth	Kern	Brom	Schüller
7	Wagner	Fink	Schlick	Hofinger	Kauf	Binder
8	Wagner	Jelen	Kecht	Mayer	Meyer	Ottl
9	Rust	Bader	Schüller	Wallner	Bachler	
10	Berger	Fink	Fageth	Hofinger	Bender	
11	Schneider	Pfeifer	Wenzel	Lauth	Brom	Tripp
12	Schneider	Podtschasl	Kneitz	Krause	Bachler	Jelen
13	Rust	Ottl	Schüller	Huber	Vetttl	Binder
14	Wagner	Jelen	Kecht	Mayer	Kauf	Bach
15	Berger	Fink	Fageth	Hofinger	Bender	König
16	Wagner	Bader	Schüller	Krause	Vetttl	

### Spätdienste

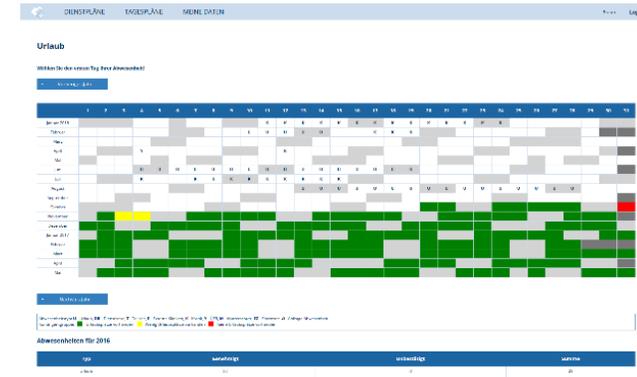
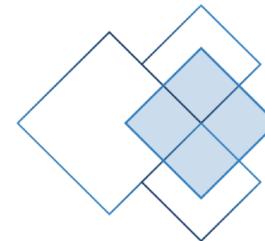
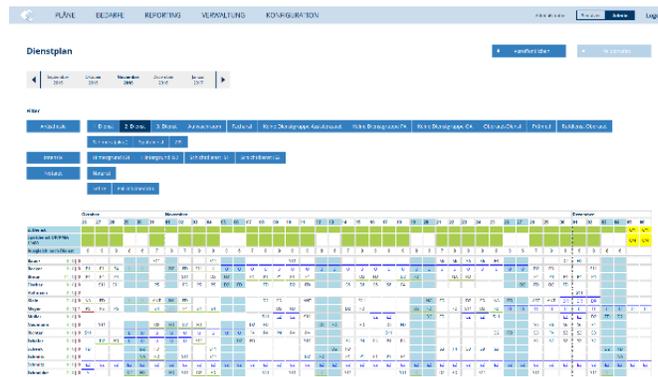
Dat	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	P 10	P11	P 12
1	Hoffman	Söllner	Wenes	Posch	Lang	Hiederer	Hörterer	Dum	Ziegler
2	Hoffman	Söllner	Wenes	Posch	Lang	Hiederer	Rosner	Kurz	Löffler
3									
4									
5	Dum	Rosner	Ziegler	Löffler	Kurz	Schmuck	Wenes	Hoffmanr	Söllner
6	Dum	Rosner	Ziegler	Löffler	Kurz	Schmuck	Wenes	Hoffmanr	Kurz
7	Dum	Rosner	Ziegler	Löffler	Kurz	Schmuck	Wenes	Hoffmanr	Hiederer
8	Dum	Rosner	Ziegler	Löffler	Kurz	Schmuck	Wenes	Hoffmanr	Surer
9	Dum	Rosner	Ziegler	Löffler	Kurz	Schmuck	Posch	Lang	Langer
10									
11									
12	Kraus	Kehl	Putz	Posch	Hoch	Hörterer	Ziegler	Löffler	Schmitt
13	Kraus	Kehl	Putz	Posch	Hoch	Hörterer	Ziegler	Löffler	Kunze
14	Kraus	Kehl	Putz	Posch	Hoch	Hörterer	Ziegler	Löffler	Surer
15	Kraus	Kehl	Putz	Posch	Hoch	Hörterer	Ziegler	Löffler	Langer
16	Kraus	Kehl	Putz	Posch	Hoch	Hörterer	Wenes	Kurz	Schmitt





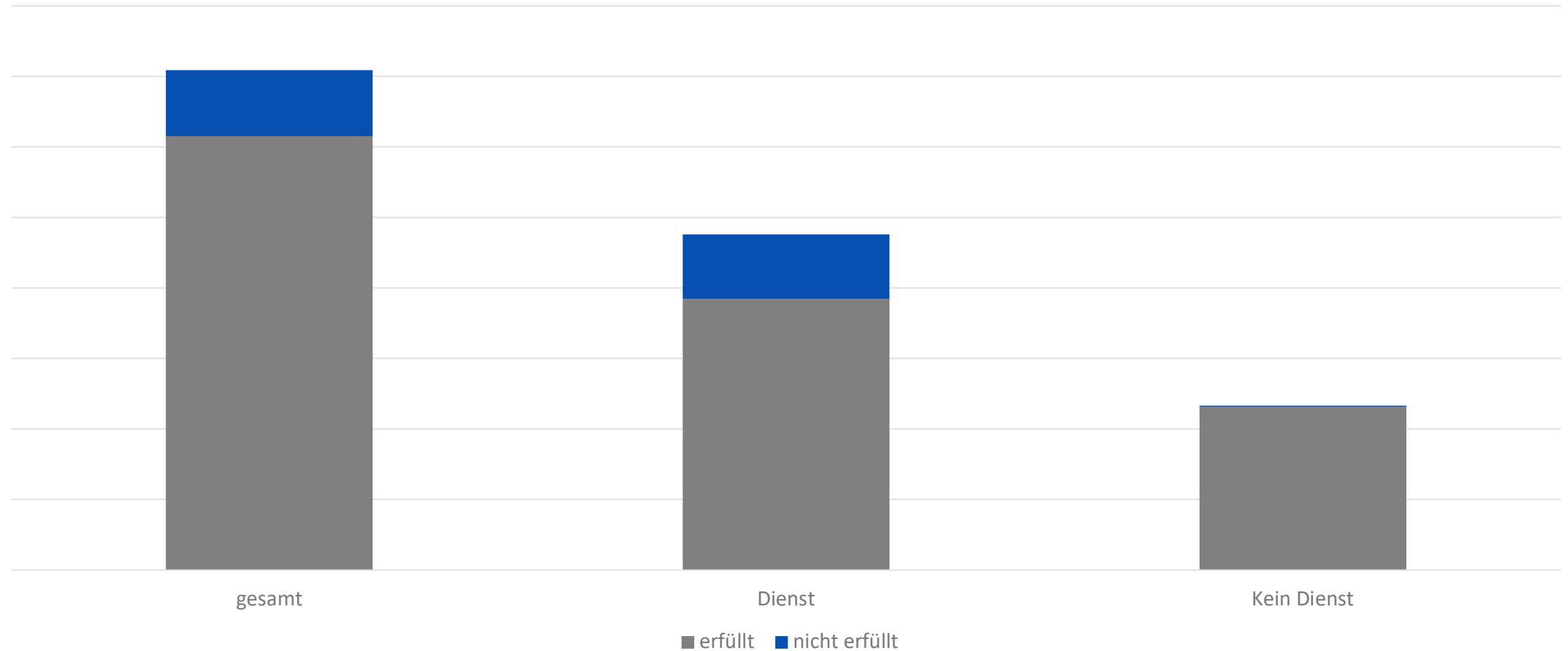
## Umsetzung am Klinikum rechts der Isar (Anästhesie, Chirurgie, Gynäkologie)

- Automatisierte Dienst- und Tagespläne
- Dienst- und Frei-Wünsche digital verarbeitet
- Krankmeldungen
- Abwesenheitsanträge
- Umplanungen mit E-Mail-Benachrichtigung



**TRANSPARENZ ↔ QUALITÄT ↔ EFFIZIENZ**

## Dienstwünsche und Präferenzen (Zeitraum 08/2015 bis 02/2017)



## Aktuelle Forschungsthemen am Lehrstuhl

1. Physician **staffing** under special consideration of breaks – A case study on anesthetists
2. Decision support for the physician scheduling process at a German Hospital
3. Hospital physicians can't get no **long-term satisfaction** – An indicator for fairness in preference fulfillment on duty schedules
4. Long-term workload equality on duty schedules for physicians in hospitals
5. A robust framework for task-related **resident scheduling**
6. Annual scheduling for anesthesia medicine residents in task-related programs with a focus on continuity of care
7. Analyzing economies of scale and scope in hospitals by use of **case mix planning**
8. Assessing the impact of uncertainty and the level of aggregation in case mix planning
9. Long-term **forecasting** of regional demand for hospital services
10. Managing admission and discharge processes in **intensive care units**
11. Incorporating intensive care unit utilization leveling into surgery scheduling
12. Quick-response methods for handling demand fluctuations in **nurse scheduling** at Hospital
13. The use of Data Envelopment Analysis (**DEA**) in healthcare with a focus on hospitals
14. Pollen **allergy** and **health behavior**: Patients trivializing their disease
15. Reaching for the stars: Attention to **multiple testing** problems and method recommendations using simulation for business research
16. A new user specific multiple testing method for business applications: The SiMaFlex procedure

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



## Literaturverzeichnis (Webseiten)

- Brunner JO, JF Bard, R Kolisch (2011): Midterm scheduling of physicians with flexible shifts using branch-and-price, IIE Transactions, 43(2), 84-109.
- Brunner JO, JF Bard, R Kolisch (2009): Flexible shift scheduling of physicians, Health Care Management Science, 12(3), 285-305.
- Fügner A, JO Brunner, A Podtschaske (2015): Duty and workstation rostering considering preferences and fairness: A case study at a department of anesthesiology, International Journal of Production Research, 53 (24), 7465-7487.
- Gabler Wirtschaftslexikon (2015), Springer Gabler Verlag (Herausgeber), Stichwort: Operations Research (OR), Zugriff 20.4.2015 online im Internet:  
<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/55030/operations-research-or-v10.html>.
- Guerriero F, Guido R (2011): Operational research in the management of the operating theatre: A survey. Health Care Management Science, 14(1): 89-114.
- Gupta D, Denton B (2008): Appointment scheduling in health care: Challenges and opportunities, IIE Transactions, 40, 800-919.
- Wikipedia (2015), Wikipedia, The Free Encyclopedia, Stichwort: Antrittsvorlesung, Zugriff 20.04.2015, online im Internet:  
<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Antrittsvorlesung&oldid=101944625>,  
Stichwort: Health care, Zugriff 20.04.2015, online im Internet:  
[http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Health\\_care&oldid=657250928](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Health_care&oldid=657250928),  
Stichwort: Produktionsmanagement, Zugriff 20.04.2015, online im Internet:  
<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Produktionsmanagement&oldid=136580463>.