Perspektiven zur Weiterentwicklung des OP-Managements: Von der Prozessanalyse zur simulationsbasierten Planung und Steuerung*

Perspectives of OR management: from process analysis to simulation-based planning and scheduling

C. Denz[1], **A. Baumgart**[1], **A. Zöller**[2], **A. Schleppers**[1,3], **A. Heinzl**[2] und **H.-J. Bender**[1]

[1] Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin, Universitätsklinikum Mannheim gGmbH (Direktor: Prof. Dr. Dr. h.c. K. van Ackern)

[2] Lehrstuhl für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre und Wirtschaftsinformatik, Universität Mannheim (Lehrstuhlinhaber: Prof. Dr. A. Heinzl)

[3] Berufsverband Deutscher Anästhesisten e.V., Nürnberg

Zusammenfassung: Die strukturellen Veränderungen im Gesundheitswesen beeinflussen in zunehmendem Maße die Handlungsalternativen bestehender Einrichtungen. Insbesondere die Krankenhäuser werden zu effizienter Arbeitsweise gezwungen und mobilisieren ihre ökonomischen Reserven. Dem OP-Management kommt in diesem Kontext eine zentrale Bedeutung zu.

In einem interdisziplinären Forschungsansatz wird mit den Methoden der Betriebswirtschaft, der Informatik und der Medizin ein integratives Gesamtkonzept zur Allokation eines optimalen Ressourceneinsatzes für effiziente Prozessabläufe entwickelt.

Ausgehend von umfassenden Ablaufanalysen wurden zahlreiche Prozessmodelle generiert und dynamisch miteinander verknüpft. Weiterhin wird die Bedeutung der Standardisierung diskutiert und der Stellwert verlässlicher Informationen bzw. von Unsicherheitsfaktoren für die OP-Planung dargestellt.

Die Umsetzung der genannten Aspekte in einen simulationsbasierten Planungs- und Steuerungsansatz zeigt die Potentiale des OP-Managements als taktisch-strategischer Einheit, die weit über Prozess- und Effizienzanalysen sowie die Gestaltung organisatorischer Rahmenvorgaben hinausreichen.

Für das OP-Management der Zukunft ergeben sich aus den dargestellten interdisziplinären Erkenntnissen innovative Optimierungsstrategien und entwicklungsfähige Gestaltungsperspektiven, die einen relevanten Beitrag zur ökonomischen Gesamtausrichtung des Krankenhauses leisten können.

Schlüsselwörter: Prozessanalyse – OP-Management – Optimierung – Simulation.

Summary: The structural changes in the German health care system affect the development of existing clinical institutions. In particular, the hospitals are forced to efficiently allocate and mobilize – above all – their economic resources in the operating theaters. Therefore, OR management plays an increasingly important role to optimize hospital resources for OR processes.

The complexity of OR processes necessitates an interdisciplinary approach utilizing methods from medicine, operational research, business and computer science to approach the efficient and economical allocation of OR resources.

Starting out from extensive analyses and documentation of workflows, numerous process models have been developed and cross-linked to other OR process parameters. In addition, this paper outlines the need and importance of standardization, the use of information, and the management of uncertainty in the OR planning and scheduling process.

The conversion of these aspects into a simulation-based management approach for planning and control of OR suites shows the potentials for operational management as well as future tactical-strategic decision-making. The scientifically based simulation approach reaches far beyond the process and efficiency analysis of the standard organizational framework and is directed to future-oriented analytics.

For the interdisciplinary and a scientifically based OR management in the future, innovative optimization strategies can be developed and advanced organizational perspectives may be addressed. The interdisciplinary approach leads to a future-oriented contribution to the economic adjustment of the entire hospital organization.

Keywords: Process Analysis – OR Management – Optimization – Simulation.

* Rechte vorbehalten

Einleitung

Die gesundheitspolitischen Vorgaben der ökonomischen Rahmenbedingungen führen zu nachhaltigen strukturellen Veränderungen im Gesundheitswesen und beeinflussen in zunehmendem Maße die Handlungsalternativen bestehender Einrichtungen. Der Krankenhaussektor sieht sich auf Grund der demographischen Bevölkerungsentwicklung, der Fortschritte in der Medizintechnik und des fallpauschalierten Abrechnungssystems besonderen Veränderungen ausgesetzt [13,14]. Der initiierte Wettbewerb zwischen den Krankenhäusern zwingt zu effizienter Arbeitsweise und mobilisiert die ökonomischen Reserven in den Kliniken [33]. Eine prozessorientierte Versorgungsstrategie, insbesondere die Einführung von Patienten-Pathways haben sich hierbei als sehr hilfreich erwiesen [8,23,28,30].

Dem OP-Management kommt in diesem Kontext eine zentrale Bedeutung zu. Die Stärken des in vielen Krankenhäusern eingerichteten OP-Managements liegen zur Zeit hauptsächlich noch in der Gestaltung organisatorischer Rahmenbedingungen und umfassender Prozessanalysen [9,17,18,19]. Die Potentiale des OP-Managements als taktisch-strategische Organisationseinheit im Gesamtkontext des Krankenhausmanagements werden zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht in vollem Umfang genutzt [12,36]. Während in anderen Wirtschaftszweigen, wie z.B. der Industrieproduktion und im Finanzsektor, die Analyse komplexer, mehrdimensionaler Prozesse im interdisziplinären Kontext der Betriebswirtschaftslehre, der Informatik und des Operations-Research (d.h. der modellgestützten, mathematischen Lösung komplexer Planungs- und Entscheidungsprobleme) schon seit langer Zeit routinemäßig genutzt werden [10,22,32,42], sind vergleichbare Ansätze im Krankenhausbereich erst durch die gesundheitspolitischen Vorgaben ins Zentrum des Interesses gerückt [1,41].

Der hohe Komplexitätsgrad der perioperativen OP-Organisation ist Ausdruck einer zunehmend spezialisierten Aufgabenteilung im Krankenhaus und bedarf einer entsprechenden Koordination [34]. Störanfällige Schnittstellen gefährden die operative Patientenversorgung als Kern der stationären Wertschöpfungskette mit der höchsten Ressourcenallokation im Krankenhaus. Für das OP-Management steht die Verknüpfung struktureller und organisatorischer Dimensionen gemeinsam mit den medizinischen, patientenspezifischen Anforderungen im Fokus der Aufgabenstellung (Abb. 1).

Auf der Basis eines interdisziplinären Forschungsansatzes zwischen den Fachgebieten der Betriebswirtschaft, der Informatik (beide Universität Mannheim) und der Humanmedizin (Universitätsklinikum Mannheim, Fakultät für Medizin der Universität Heidelberg) wurde ein integratives Gesamtkonzept zur Allokation eines optimalen Ressourceneinsatzes für effiziente Prozessabläufe entwickelt. Die Besonderheiten der medizinischen Behandlung (z.B. Art der Operation) werden dabei im Kontext des jeweiligen OP–Bereichs (z.B. Raum- und Prozessgestaltung) und des jeweiligen Patienten (z.B. Alter

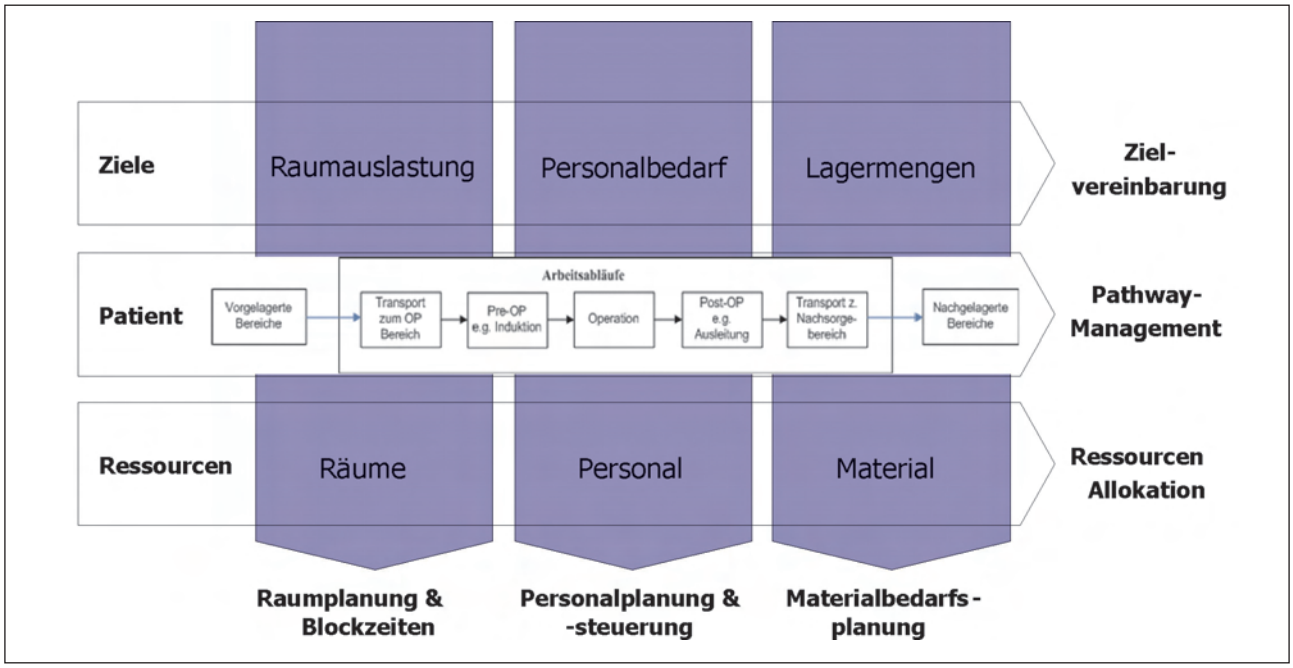

Abb. 1: Dimensionen des OP-Managements.

und Vorerkrankungen) in eine optimale Ablaufgestaltung einbezogen. Die medizinischen Behandlungsmuster und bestehenden Planungsheuristiken werden mit den Methoden der Informatik systematisch strukturiert, analysiert und in eine ökonomische Bewertung überführt.
Ziel der vorliegenden Publikation ist es darzustellen, welche Perspektiven für die Weiterentwicklung des OP-Managements bestehen. Auf der Basis wissenschaftlicher Methoden wird das OP-Management der Zukunft mit validen Prozessanalyen unterstützt, die weit über organisatorische Rahmenvorgaben hinausreichen. Weiterhin werden durch simulationsbasierte Planungs- und Steuerungsansätze die taktisch-strategischen Gestaltungsoptionen des OP-Managements im Krankenhaus aufgezeigt.

Prozessdokumentation, Prozessanalyse und Prozessmodellierung

In der vorliegenden Literatur zum OP-Management existieren detaillierte Beschreibungen perioperativer Prozessanalysen. Die vorgeschlagenen Dokumentationsempfehlungen sind teilweise inhomogen und beziehen sich in aller Regel auf definierte, patientenassoziierte Zeitpunkte und Zeitintervalle. Aus diesen Zeitpunktangaben und ermittelten Intervallwerten werden Aussagen hinsichtlich der Güte und der Effizienz des OP-Managements abgeleitet [3,6,7,25]. Das Ziel einer Prozessmodellierung ist es darüber hinaus, die OP-Prozesse, einem Fertigungsplan vergleichbar, realitätsnah und detailgetreu „nachzubauen“ und den patientenbezogenen Gesamtprozess zusätzlich in ressourcenbezogene Aktivitäten zu gliedern.
Zu diesem Zweck wurde im vorliegenden interdisziplinären Forschungsprojekt der Gesamtprozess der operativen Patientenversorgung nicht nur hinsichtlich seiner logischen und chronologischen Abfolge in seine Einzelschritte zerlegt, sondern auch den verschiedenen Ressourcen (Raum und Personal) zugeordnet. Die verschiedenen Prozessaktivitäten wurden hinsichtlich ihrer räumlichen Zuordnung im OP-Bereich erfasst. Für die unterschiedlichen räumlichen Ressourcen (z.B. Patientenschleuse, Einleitungsraum, OP-Saal usw.) wurden detaillierte Ablaufdiagramme der darin stattfindenden Aktivitäten erstellt und verschiedene Restriktionen hinsichtlich ihrer Verfügbarkeit festgelegt. Beispielsweise wurde für den Raum „Patientenschleuse“ definiert, dass sie nur durch einen Patienten belegt sein kann (d.h. es ist in der Prozessmodellierung keine parallele Einschleusung zulässig).
Weiterhin wurden auf der Basis validierter Tätigkeitsprofile für die im OP-Bereich tätigen Berufsgruppen (Chirurgen, Anästhesisten, Anästhesie- und OP-Pflegekräfte usw.) spezifische Aktivitätsdiagramme (Wer macht Was?) erstellt. Dazu wurden nicht nur Aktivitäten mit direktem Patientenkontakt erfasst, sondern auch detailliert die vor- und nachbereitenden Aktivitäten (z.B. Vor- und Nachbreitung des Einleitungsraumes bzw. des OP-Saales) erstellt. Auch für die personellen Ressourcen wurden entsprechende Restriktionen formuliert. So wurde beispielsweise festgelegt, dass die Ressource „Anästhesist“ pro Zeiteinheit nur einem Patienten zugeordnet sein kann (d.h. es sind in der Prozessmodellierung keine „Parallelnarkosen“ zulässig).
In einem weiteren Arbeitsschritt wurden die Ablauf- und Aktivitätsdiagramme zusammengeführt, um die Aktivitäten des Informationsaustausches (z.B. Kommunikationswege für den Abruf des nächsten Patienten) ergänzt und bestehende Wechselwirkungen zwischen benachbarten Prozessen und verschiedenen Ressourcen analysiert. Dieser Schritt ist die Voraussetzung für die Identifikation kritischer, störanfälliger Schnittstellen zwischen den einzelnen Prozessschritten, die den weiteren Gesamtablauf relevant beeinflussen (z.B. blockieren) können. Abbildung 2 zeigt, ausgehend vom Patientenprozess, exemplarisch bestimmte Arbeitsabläufe, denen personelle Ressourcen zugeordnet sind. Darüber hinaus sind im Gesamtablauf die verschiedenen Arbeitsabläufe verschiedenen Räumen (Schleuse, Einleitung, OP-Saal) zugewiesen sowie eine idealtypische Zeitfolge festgelegt (z.B. Ankunft des Patienten im Einschleusungsraum vor Anästhesiebeginn). Die detaillierte Darstellung der OP-Prozesse in Ablauf- und Aktivitätsdiagrammen erlaubt die individuelle Modellierung aller relevanten Parameter und vereinfacht die Umsetzung in mathematische Modelle.

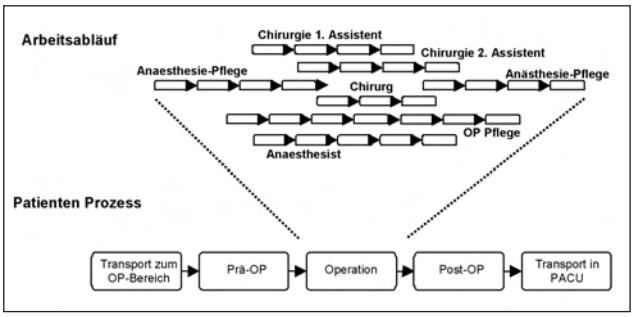

Abb. 2: Arbeitsabläufe und Zuordnung personeller Ressourcen des Prozessschrittes „Operation“.

Standards und Steuerungsparameter

Zur systematischen Beschreibung der komplexen Aufbau- und Ablauforganisationen im OP-Bereich wurden Standardisierungskonzepte erarbeitet bzw.

weiterentwickelt. Hierfür wurden zwei unterschiedliche Dimensionen von Standards differenziert. Ein ressourcenorientierter Ansatz, der architektonisches Layout und die Raumausstattung im Sinne eines „Standard-OP-Saales" fokussiert sowie ein Ansatz zur Standardisierbarkeit des Leistungsspektrums (Behandlungshomogenität des Patientenkollektivs: „Die Standard-OP-Prozedur") wurden detaillierter untersucht.

Der Standard-OP-Saal

Die Flexibilität des OP-Managements und die möglichen Handlungsoptionen sind an die verfügbaren Ressourcen und an die räumliche Ausstattung der OP-Bereiche gebunden. Für die Gestaltung eines OP-Bereichs stellt sich die Frage, welches die nach Art und Anzahl am besten geeignete Ausstattung ist und ob sich in diesem Zusammenhang bestimmte Standards für die Konfiguration von OP-Sälen festlegen lassen. Zu diesem Zweck wurden die bestehenden Gestaltungsvarianten der OP-Ausstattung für die Bereiche HNO, Neurochirurgie und Allgemeinchirurgie erfasst. Sämtliche Elemente der OP-Saal-Austattung wurden nach „Muss"- und „Kann"-Kriterien klassifiziert sowie zwischen fixen und mobilen Ausstattungsmerkmalen unterschieden (Abb. 3).
Auf der Basis der erforderlichen Grundelemente einer OP-Saal-Ausstattung wurde ein generisches, hierarchisches Konzept für den „Standard-OP-Saal" entwickelt. In Abbildung 4 wird ein solches hierarchisches OP-Konzept beispielhaft dargestellt. Ausgehend von einer abstrakten Grundkonfiguration eines OP-Saals (OP 1) kann durch unterschiedliche Ausstattung der OP-Säle in verschiedene OP-Typen verzweigt werden. Je nach Ausstattung eignen sich die OP-Säle zur Behandlung unterschiedlicher Eingriffsarten. Ein realer OP-Saal muss dabei nicht zwingend auf eine fixe Konfiguration – und damit auf bestimmte Eingriffsarten – festgelegt werden. Erforderliche Geräte und Inventar können häufig

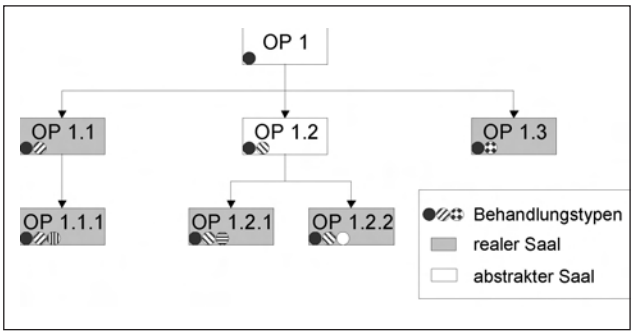

Abb. 4: Generisch, hierarchisches Modell für den „Standard-OP-Saal". Nähere Erläuterungen siehe Text.

auch mobil zur Verfügung gestellt werden. Im täglichen Betrieb kann der OP-Saal – je nach Bestückung mit stationären oder mobilen Geräten – anforderungsspezifisch aus- bzw. umgerüstet und in alternative OP-Typen transformiert werden. Dieses „Baukasten"-System mit Optionen und Restriktionen für entsprechende Räumlichkeiten kann als Grundlage einer teilautomatisierten OP-Steuerung eingesetzt werden.

Die Standard-OP-Prozedur

Ein Modell zur Standardisierbarkeit des Leistungsspektrums bietet der Ansatz über die Homogenität der operativen Versorgung („Die Standard-OP-Prozedur"). Hierbei lassen sich 1. Denkansätze bezüglich des operativen Vorgehens (z.B. nach OPS-Katalog) von 2. Überlegungen auf der Basis zeitlicher Erfahrungswerte (z.B. Schnitt-Naht-Zeiten inklusive Streuungsparameter) unterscheiden.
1. Hierbei stehen nicht die Erkrankungen der Patienten (gemäß ICD-Systematik), sondern die durchgeführten OP-Prozeduren im Zentrum der Betrachtung: Je homogener die durchzuführenden OP-Prozeduren sind, desto konkreter lassen sich Empfehlungen für die Ausgestaltung des betreffenden OP-Bereiches geben. Ausgehend vom Pareto-Prinzip (80-20-Regel: 80% aller Patienten können

Muss-Kriterien		
Minimalausstattung für alle OP-Säle (fix: OP-Tisch, Deckenbeleuchtung, Belüftung für verschiedene Qualitätsanforderungen, ...) (mobil: Standard-Anästhesiegerät, Schneidegerät, Absaugeinheit, ...)		
Kann-Kriterien		
Spezifika Allgemeinchirurgie (mobil: minimalinvasiver Turm, intraop. Ultraschall, C-Bogen, ...)	**Spezifika HNO** (mobil: kleines Mikroskop, spezielle Koagulationsgeräte, ...)	**Spezifika Neurochirurgie** (mobil: NCH-Mikroskopturm, Video-Turm, Neuronavigation, ...)

Abb. 3: Gestaltungsvarianten einer gemeinsamen minimalen und der abteilungseigenen, spezifischen OP-Ausstattung.

mit 20% der angebotenen Operationen versorgt werden) gibt der Gini-Koeffizient als vereinfachende, statistische Kennzahl der Ungleichverteilung, einen Überblick über die Standardisierbarkeit der OP-Prozeduren [27].

2. Die Standardisierbarkeit operativer Eingriffe nach ihrer Behandlungsdauer (z.B. Schnitt-Naht-Zeit) ist aus dem organisatorischen Blickwinkel der OP-Planung und Steuerung von großem Interesse. Auf der Basis retrospektiver Daten lässt sich die Dauer vergleichbarer Operationen abschätzen. Die auftretenden Varianzen der „Standard-OP-Prozeduren" beeinflussen die Stabilität der OP-Pläne in relevantem Ausmaß und lassen eine Clusterung der Operationen in verschiedene Gruppen hinsichtlich ihres Planungsrisikos sinnvoll erscheinen (Tab. 1). Bei der Umsetzung von Standard-OPs müssen sogenannte „Wissensbasierte Systeme" für das OP-Management verfügbar sein, um die Planbarkeit operativer Eingriffe zu verbessern und die Stabilität von OP-Plänen zu gewährleisten. Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Definition von Standards und Steuerungsparametern in ihren unterschiedlichen Dimensionen nicht unabhängig voneinander betrachtet werden können. Inwieweit sich die „Standard-OP-Prozedur" und der „Standard-OP-Saal" gegenseitig bedingen oder behindern und inwieweit spezifische Patientencharakteristika die Prozessabläufe determinieren, sind Fragestellungen weiterer Forschungsvorhaben.

Information und Unsicherheit der OP-Planung

Ein weiterer, grundlegender Aspekt der Planung und Steuerung von Geschäftsprozessen ist die Verfügbarkeit relevanter „Informationen". Aus theoretischer Sicht sind Planung und Steuerung nur störungsfrei möglich, wenn keinerlei „Unsicherheiten" vorliegen und alle „Informationen" verfügbar sind. Je weniger „Informationen" über die verschiedenen Teilkomponenten des Prozesses bekannt sind, desto höher sind die „Unsicherheit" und die Störanfälligkeit des Gesamtsystems. In Abbildung 5 sind beispielhaft vier Grundtypen hinsichtlich ihrer „Information" bzw. „Unsicherheit" skizziert [32].

Tab. 1: Beispielhafte Risikoclusterung nach Varianz der Schnitt-Naht-Zeit (SNZ) für ein allgemeinchirurgisches Patientenkollektiv.

Cluster Nr	Planungsrisiko	Standardabweichung der SNZ	% der Fälle
1.	Geringes Planungsrisiko	< 30 Minuten	30
2.	Mittleres Planungsrisiko	30-60 Minuten	44
3.	Hohes Planungsrisiko	> 60 Minuten	23
4.	Unbekanntes Planungsrisiko	Keine Abschätzung möglich	3

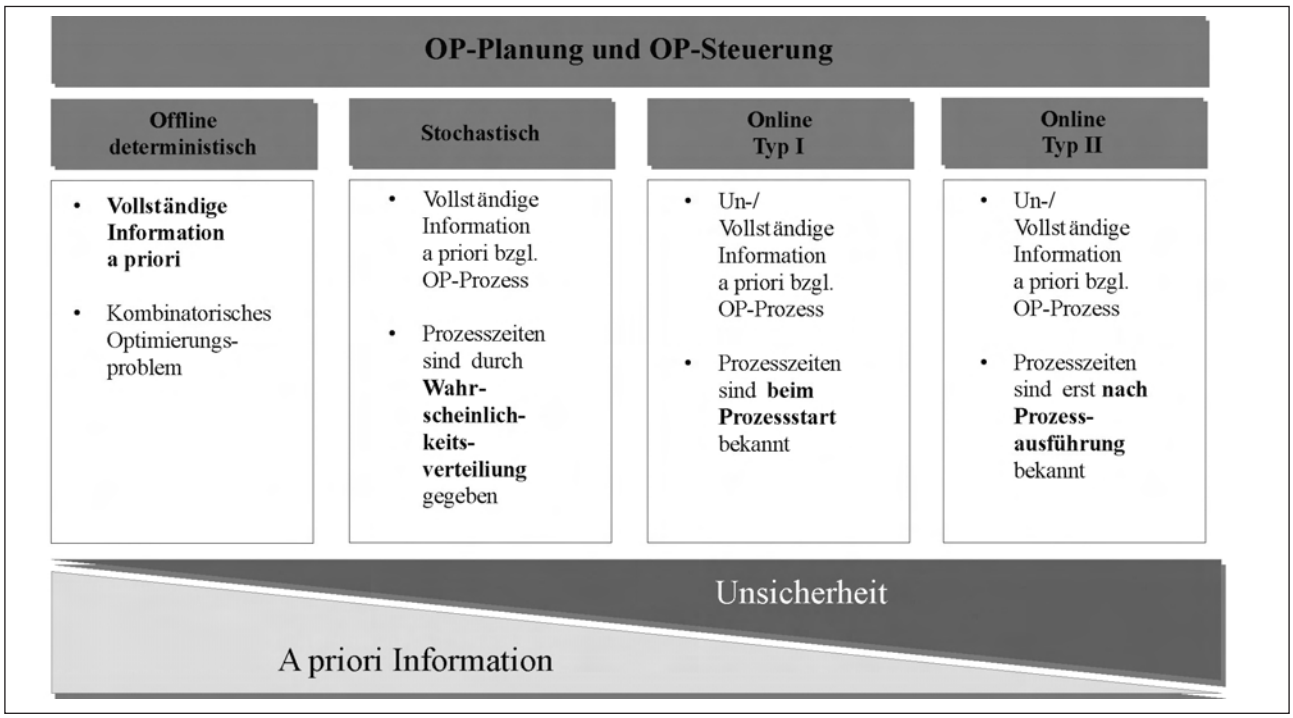

Abb. 5: Grundtypen hinsichtlich verfügbarer Information und bestehender Unsicherheit (nach [32]).

- Deterministischer Typ: Hierbei handelt es sich um die standardisierte, operative Versorgung eines definierten Patientenkollektivs, dessen Versorgungsaufwand (z.B. Zeit- und Personalressourcen, Material) relativ genau vorhersagbar ist (z.B. ASA-I-Patienten mit Leistenbruch, operative Versorgung nach Shouldice).
- Bei dem Kollektiv nach dem stochastischen Typ handelt es sich um eine größere Gruppe elektiver Patienten, deren Versorgungsaufwand nicht vollständig vorhersagbar ist. Jedoch stehen ausreichend historische Daten für eine stochastische Bewertung des Versorgungsaufwandes (inklusive der Streumaße) für relevante Parameter zur Verfügung (z.B. ASA-II/III-Patienten mit Cholezystektomie oder Hemikolektomie).
- Dem Kollektiv Online Typ I werden Patienten mit nicht-elektiven Eingriffen zugeordnet, deren Versorgungsaufwand inital nur unzureichend abschätzbar ist und erst unmittelbar vor Prozessstart bewertet werden kann (z.B. wacher, ansprechbarer Patient bei Zustand nach Sturz, Kopfplatzwunde und III-gradig, offene Unterschenkelfraktur).
- Das zahlenmäßig kleinste Kollektiv umfasst alle Notfall-Patienten, deren Versorgungsaufwand für das OP-Management nicht planbar ist (Online Typ II). Der erforderliche Ressourceneinsatz (Personal, Material, Zeitdauer) wird erst während der bereits laufenden operativen Versorgung transparent. (z.B. polytraumatisierter, intubierter Patient bei Zustand nach Verkehrsunfall; intraabdominell freie Luft und Flüssigkeit nachweisbar; Extremitätenfrakturen; hämodynamisch instabil).

Die skizzierten vier Grundtypen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit, bieten jedoch eine hinreichend genaue Abgrenzung gegeneinander und charakterisieren den hohen Stellenwert „verfügbarer Informationen“ versus „bestehender Unsicherheiten“ für ein Konzept zur aktiven Planung und Steuerung im OP-Management. Aus der Darstellung lässt sich der hohe Stellenwert für den Einsatz geeigneter Informations- und Kommunikationstechnologien (z.B. Krankenhaus-Informations-System, elektronische Patientenakte, ubiquitär verfügbare Ergebnisse der Labor- und bildgebenden Diagnostik, zentrale Ansprechpartner) im Krankenhaus ableiten.
Ein geeignetes Maß bezüglich der Ablaufstabilität eines projektierten OP-Plans und der umgesetzten Änderungen im Tagesablauf stellt die Stabilität bzw. Robustheit des OP-Prozesses dar. Dabei werden als Maß für Planabweichungen z.B. die Anzahl abgesagter Operationen, Änderungen der Saalzuordnung und der Reihenfolge sowie Versorgung von Notfallpatienten qualitativ erfasst und bewertet. Inwieweit diese Abweichungen nur eine kontinuierliche Ad-hoc-Organisation zur Bewältigung der täglichen OP-Anforderungen darstellen oder im Sinne erhöhter Flexibilität als Performanzsteigerung zu bewerten sind, wird Gegenstand weiterer Untersuchungen sein müssen.

Simulationsbasiertes Steuerungsverfahren

Auf Basis der genannten Ablaufanalysen werden die validierten Modelle in eine Simulationsumgebung (Software) umgesetzt. Diese ist in der Lage, sämtliche Prozesse, Ressourcen und Informationsflüsse im OP sowie ihre Wechselwirkung untereinander und die Interaktion mit angrenzenden Bereichen zu simulieren und zu analysieren.
Zur Implementierung der Modelle wurde zunächst eine statische Darstellung der Abläufe vorgenommen und in einem zweiten Schritt um die detaillierten Arbeitsabläufe in den einzelnen Phasen ergänzt. Die Modellierung erfordert dabei für jeden Prozessschritt (z.B. Einschleusung) die Zuordnung von personellen (OP-Pflege) und räumlichen (OP-Schleuse) Ressourcen, welche an der Ausführung der Aktivitäten (z.B. Umbetten, Aktencheck) beteiligt sind bzw. dabei belegt werden. So werden beispielsweise die Aktivitäten der einzelnen Prozessschritte in der Schleuse in die Ebene „Patientenprozess“, „Ressourcenbelegung“ und „Informationsfluss“ separiert. Die für den logischen Prozessablauf notwendigen Zusammenhänge der Modellierungsumgebung werden in Abbildung 6 ersichtlich. Die besondere Leistung der Simulationssoftware liegt darin, die definierten Regeln und Ablaufmuster (Syntax) sowie die Bedeutung der Informationsabfolge (Semantik) der einzelnen Prozesskomponenten in einem Programm zu integrieren. Durch Berücksichtigung dynamischer Komponenten können verschiedenste Randbedingungen (z.B. intraoperative Komplikation mit verlängerter Schnitt-Naht-Zeit, Einplanung eines Notfalls, Personalausfall in unterschiedlichen Berufsgruppen, etc.) in das Planungsmodell eingebunden und entsprechend berücksichtigt werden. Hauptziel eines Simulations-Szenarios ist es, auf der Basis der Analyse und Modellierung von Prozessen die Arbeitsabläufe im OP-Bereich realitätsnah darzustellen.
Bevor eine Simulationsstudie erfolgreich durchgeführt werden kann, müssen vorab verschiedene Elemente als Eingangsparameter und eindeutige Zielgrößen definiert werden. Als relevante Eingangsparameter sind die Prozessabläufe und sämtliche Aktivitäten sowie die Logik und Interaktionsregeln bezüglich des Patientenroutings festzulegen. Des

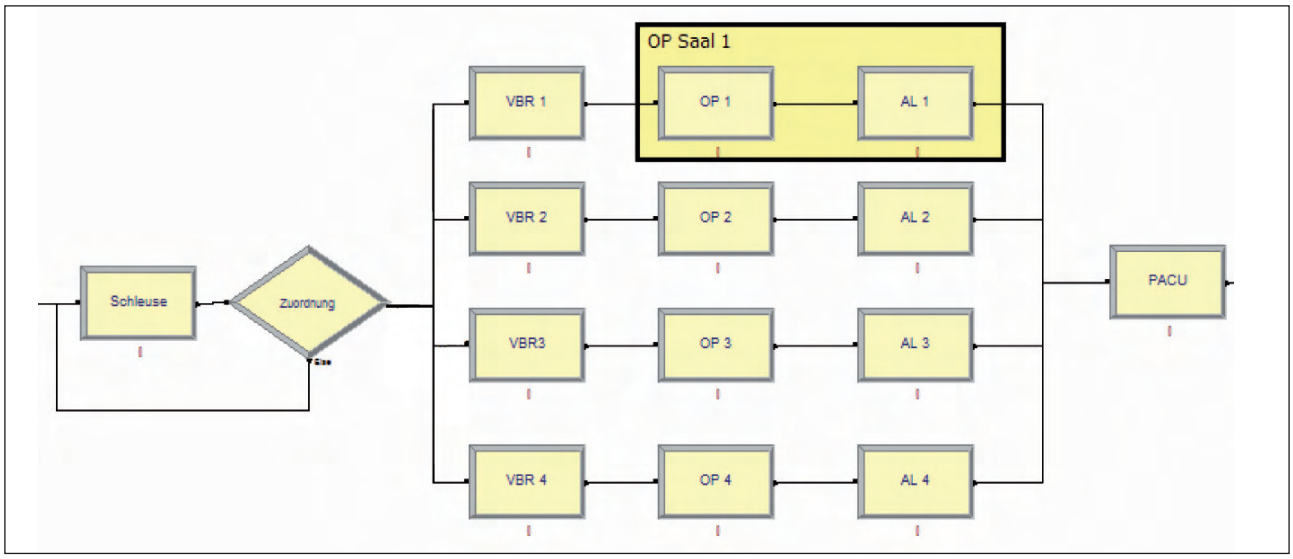

Abb. 6: Prozessschritte und räumliche Ressourcenzuordnung in der Simulationssoftware am Beispiel eines OP-Bereiches mit 4 OP-Sälen (exemplarisch: OP-Saal 1) und jeweils vorgelagerten Einleitungsräumen (VBR 1-4). Die Narkoseausleitung ist als Arbeitsschritt dargestellt (AL 1-4), der nach OP-Ende im OP-Saal durchgeführt wird.

weitern müssen die Ressourcen durch Typisierung, Arbeitszuweisung, Anzahl und Verfügbarkeit eindeutig charakterisiert werden. Abschießend müssen Zielkriterien für ein spezifisches Simulations-Szenario festgelegt werden, welche die Effizienz und Qualität des zu untersuchenden Prozesses und der Ressourcen messen. So kann beispielsweise die Minimierung der OP-Leerstandszeiten, eine Steigerung der Fallzahlen pro Raum bzw. Zeiteinheit oder die Optimierung der OP-Laufzeiten als Zielkriterium definiert werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Ziel des vorliegenden Beitrages ist es, die Perspektiven zur Weiterentwicklung des OP-Managements aufzuzeigen. Auf der Basis interdisziplinärer wissenschaftlicher Methoden wird das OP-Management der Zukunft mit Strategien unterstützt, die weit über Prozess- bzw. Effizienzanalyen und organisatorische Rahmenvorgaben hinausreichen [2,3,39]. Simulationsbasierte Planungs- und Steuerungsansätze beinhalten auch taktisch-strategische Gestaltungsoptionen des OP-Managements im Krankenhaus.

Optimierungsansätze, die auf rein mathematischen Verfahren mit stark abstrahierten Prämissen beruhen, sind zwar hinsichtlich ihrer Methodik imposant, jedoch sind hinsichtlich ihres praktischen Nutzens keine realitätsnahen Resultate zu erwarten [15,26]. Während reale Prozessanalysen bestehende Schwachpunkte durchaus gezielt detektieren, sind die daraus ableitbaren Handlungsoptionen zur Prozessoptimierung meist sehr vielfältig. Optimierungsansätze, die durch direkte Eingriffe in die Prozessabläufe im Einzelfall sehr realitätsnahe Ergebnisse liefern, sind jedoch nicht auf erweiterte Fragestellungen anwendbar [20,35]. Die relevanten Entscheidungen, welcher Weg zur Verbesserung beschritten wird, basieren in der Regel auf Beobachtung und empirischen Erfahrungswerten. Die Auswirkungen dieser Veränderungen lassen sich erst im Rahmen erneuter, umfangreicher Prozessanalysen darstellen und bewerten [9].

Die relevanten Vorteile simulationsbasierter Planungs- und Steuerungsansätze lassen sich in verschiedenen Perspektiven darstellen [4]. Eine retrospektive Analyse der Abläufe im Simulationsmodell zeigt, einer konventionellen Prozessanalyse vergleichbar, erste Anhaltspunkte für erforderliche Prozessoptimierungen. Ausgehend von dieser Ex-post-Simulation können in einem zweiten Schritt durch Re-Organisation bzw. Re-Design der Handlungs- und Betriebsabläufe im Simulationsmodell Aussagen über zu erwartende Veränderungen getroffen werden. Hierzu werden die entsprechenden Parameter (z.B. Personal, Räume, Patientenportfolio, Arbeitszeiten) im Modell prospektiv (Ex-ante-Simulation: „Was wäre, wenn…“) systematisch und strukturiert verändert. Diese Optimierungsstrategie mittels Simulation hat gegenüber echten Eingriffen in die realen Prozessabläufe den großen Vorteil, dass keinerlei Anpassungen oder Lernkurveneffekte des Personals oder Einflüsse auf den Patienten wie Wartezeiten oder Gefährdungspotentiale berücksichtigt werden müssen. Durch eine Erweiterung der Simulationssoftware wird es zudem möglich sein, online erhobene Echtzeitdaten (z.B. mittels Radio

Frequency Identification-Chips) in eine laufende Simulation zu integrieren (In-process-Simulation). Die daraus generierten Steuerungsvorschläge werden es beispielsweise ermöglichen, nachgemeldete, operationspflichtige Notfallpatienten gemäß vorgegebenen Zielgrößen so in das aktuell laufende OP-Programm einzuplanen, dass die zur Verfügung stehenden Ressourcen optimal genutzt werden. Des weiteren ist eine Übersicht über die gegenwärtig belegten Ressourcen (z.B. aktuelles Patientenrouting, OP-Saalnutzung, aktuelles OP-Programm) jederzeit online verfügbar [4,43].

Die Limitationen simulationsbasierter Planungs- und Steuerungsansätze liegen im Grad der Detailschärfe im Verhältnis zur Realität.

Im vorliegenden Simulationsmodell sind sämtlichen personellen Ressourcen einer Berufsgruppe (Anästhesisten, Chirurgen, Anästhesie- und OP-Pflege) fachspezifisch identische „Kompetenzen" zugeordnet. Prinzipiell sind jedoch auch Planungs- und Steuerungsansätze vorstellbar, welche das unterschiedliche Ausbildungsniveau und die verschiedenen „Skill-Levels" der Akteure (z.B. Arzt in Weiterbildung, Facharzt, Oberarzt) in der Simulation berücksichtigen und quantifizieren können [2,11,16].

Ein weiterer Schritt zur Erhöhung der Abbildungsgranularität wird die Berücksichtigung der Geräte- und der Materiallogistik für die Simulation bieten. Zahlreiche Publikationen postulieren insbesondere im OP-Bereich einen hohen Nachhol- sowie dringenden Verbesserungsbedarf [29,37,40]. Dabei sind im Bereich der Gerätelogistik im OP-Bereich sowohl die Restriktionen fest installierter Großgeräte (z.B. CT, MRT) als auch die Flexibilität mobiler Gerätschaften (z.B. C-Bogen, Mikroskope) einzubeziehen [24,31]. Für die Planung und Steuerung der Materiallogistik spielen sowohl die Verbrauchsmaterialien (hohe Stückzahlen, geringe Einzelkosten) als auch patientenindividuelle Implantate (hohe Einzelkosten, geringe Stückzahlen) eine relevante Rolle [21].

Unter den Aspekten eines mitarbeiterorientierten Arbeitsumfeldes wird der Einbindung innovativer Arbeitszeitmodelle in die Simulationsmodelle ein besonderer Stellenwert zukommen. Die Planung und Steuerung der OP-Bereiche gemäß rechtlichen Rahmenvorgaben bzw. tarifvertraglichen Vereinbarungen wird insbesondere dann relevant, wenn die OP-Betriebszeiten von der individuellen Arbeitszeit der Mitarbeiter entkoppelt werden [5,38].

Die Komplexität eines simulationsbasierten Planungs- und Steuerungsansatzes im OP-Management mag zunächst als Nachteil des Verfahrens bewertet werden. Dem ist zu entgegnen, dass die grundlegenden Kernprozesse der operativen Patientenversorgung (vorgeschaltete Bereiche, Patientenübernahme, präoperative Maßnahmen, Operation, postoperative Maßnamen, Übernahme in nachsorgender Einheit, nachgeschaltete Bereiche) unabhängig vom architektonischen Layout (Kliniken mit unterschiedlich konfigurierten, zentralen oder dezentralen OP-Bereichen), unabhängig von der Betriebsstätte (ambulante oder stationäre operative Patientenversorgung in Krankenhäusern unterschiedlicher Versorgungsstufen) und unabhängig vom Gesundheitssystem (Deutschland, europäisches und nicht-europäisches Ausland) prinzipiell vergleichbar sind.

Die Adaptation des Simulationsverfahrens an individuelle Fragestellungen mit entsprechenden Zielgrößen bedarf zwar zunächst der Parametrisierung des Betriebsablaufs mit klaren Definitionen einzelner Prozessschritte sowie einer spezifischen Ressourcenallokation. Jedoch können in der Folge durch eine retrospektive Analyse historischer Daten sowie einer prospektiven Simulation sämtliche Prozessaktivitäten, potentielle Störungen der Teilschritte, das Ausmaß ihrer Beeinflussbarkeit sowie ihre Korrigierbarkeit entsprechend der jeweiligen Voreinstellung und Gewichtung der Parameter in den Simulationsläufen Berücksichtigung finden.

Für das OP-Management ergeben sich aus den dargestellten interdisziplinären Erkenntnissen innovative Optimierungsstrategien und zukunftsfähige Entwicklungsperspektiven. Der simulationsbasierte Planungs- und Steuerungsansatz ermöglicht es, die verschiedenen Operationsbereiche im Sinne eines perioperativen Patienten-Pathways effizient weiterzuentwickeln. Das Konzept leistet damit einen relevanten Beitrag zur taktischen und strategischen Gesamtausrichtung des Krankenhauses.

Danksagung

Die Arbeit wurde im Rahmen des Projektes „Operationssaal 2010" vom Land Baden-Württemberg gefördert. Die Weiterentwicklung des vorgestellten Konzeptes wird vom Berufsverband Deutscher Anästhesisten aktiv unterstützt.

Literatur

1. **Bartz HJ.** Grundlagen der betriebswirtschaftlichen Organisationstheorie und ihre Bedeutung für den täglichen Operationsbetrieb. Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 2005;40:387-392.
2. **Bauer M, Hanss R, Römer T, Rösler L, Umnus A, Martin J, et al.** Apoptose im DRG-System: Weiterbildung und dezentrale Strukturen verhindern wettbewerbsfähige intraoperative Prozesszeiten. Anästh Intensivmed 2007;48:324-334.
3. **Bauer M, Hanss R, Schleppers A, Steinfath M, Tonner PH, Martin J.** Prozessoptimierung im „kranken Haus". Anaesthesist 2004;53:414–425.
4. **Baumgart A, Zöller A, Denz C, Bender HJ, Heinzl A, Badreddin E.** Using Computer Simulation in Operating Room Management: Impacts on Process Engineering and Perfor-

mance. Proceedings of 40th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, (CD-ROM), Januar 3-6, Computer Society Press, Waikoloa, Hawaii; 2007.
5. Bender HJ, Denz C, Baumgart A. OP-Steuerung: Perioperative Organisation – Optimierung der Abläufe. In: Ansorg J, Diemer M, Schleppers A, Heberer J, von Eiff W (Hrsg.). OP-Management. Berlin: Medizinisch wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; 2006: 401-419.
6. Berufsverband der Deutschen Chirurgen und Berufsverband Deutscher Anästhesisten. Datenanforderungen auf dem Personalsektor zur Abbildung von Prozessen im OP und zur Kalkulation der DRGs. Anästh Intensivmed 2002;43:457-461.
7. Braun J, Walter M, Kuhly R, Lein M, Eveslage K, Hansen D, et al. Clinical Pathways und Diagnosis-Related Groups: Die Anästhesiologie als Schnittstellenfach. Anästh Intensivmed 2003;44:637-646.
8. Buhr HJ, Dommisch K, Fleischer GM, Gastinger I, Grundmann RT, Hermanek P, et al. Klinischer Ablaufpfad (Workflow) zu Diagnostik, Therapie und Nachsorge des Rektumkarzinoms Zentralbl Chir 2006;131:285-297.
9. Cendán JC, Good M. Interdisciplinary Work Flow Assessment and Redesign Decreases Operating Room Turnover Time and Allows for Additional Caseload. Arch Surg 2006;141:65-69.
10. Cornuejols G, Tütüncü R. Optimization methods in finance. Cambridge: Cambridge University Press; 2007.
11. Datta V, Bann S, Aggarwal R, Mandalia M, Hance J, Darzi A. Technical skills examination for general surgical trainees. Br J Surg 2006;93:1139-1146.
12. Denz C, Zöller A, Baumgart A, Paulussen T, Schleppers A, Badreddin E, et al. Wirksamkeit, Schwachstellenanalyse und Verbesserungspotentiale des OP-Managements im Krankenhaus. Anästh Intensivmed 2007;48:580-590.
13. Deutsche Krankenhausgesellschaft. Für den Wettbewerb um beste Qualität. Das Krankenhaus 2007;99:611-616.
14. Deutsche Krankenhausgesellschaft. Konzept für die Ausgestaltung des ordnungspolitischen Rahmens ab dem Jahr 2009, http://www.dkgev.de/pdf/1633.pdf (14.07.2007).
15. Dexter F, Epstein RH, Traub RD, Xiao Y. Making management decisions on the day of surgery based on operating room efficiency and patients waiting times. Anesthesiology 2004;101: 1444-1453.
16. Fletcher GC, McGeorge P, Flin RH, Glavin RJ, Maran NJ. The role of non-technical skills in anaesthesia: A review of current literature. Br J Anaesth 2002;88:418-429.
17. Freytag S, Dexter F, Epstein RH, Kugler C, Schnettler R. Zuweisung und Planung von Operationsraumkapazitäten. Chirurg 2005;76:71–79.
18. Gebhard F, E.Hartwig E, Isenmann R, Triebsch K, Gerstner H, Bailer M, et al. OP-Management: Chirurg oder Anästhesist? Anaesthesist 2003;52:1062–1067.
19. Geldner G, Eberhart LH, Trunk S, Dahmen KG, Reissmann T, Weiler T, et al. Effizientes OP-Management. Anaesthesist 2002;51:760–767.
20. Hanss R, Buttgereit B, Tonner PH, Bein B, Schleppers A, Steinfath M, et al. Overlapping Induction of Anesthesia. Anesthesiology 2005;103:391–400.
21. Hantschmann A, Bierwirth C. Ein Bestellmengenmodell für die Modulversorgung in Krankenhäusern. In: Günther HO, Mattfeld DC, Suhl L (Hrsg.). Management logistischer Netzwerke, Heidelberg: Physica; 2007:221-234.
22. Hartmann S. The World as a Process: Simulations in the Natural and Social Sciences. In: R. Hegselmann, Mueller U, Troitzsch KG (Hrsg.). Simulation and Modelling in the Social Sciences from the Philosophy of Science Point of View. Dordrecht: Kluwer; 1996:77-100.
23. Ho DM, Huo MH. Are critical pathways and implant standardization programs effective in reducing costs in total knee replacement operations? J Am Coll Surg 2007;205:97-100.
24. Hüfner T, Stübig T, Gösling T, Kendoff D, Geerling J, Krettek C. Kosten- und Nutzenanalyse der intraoperativen 3D-Bildgebung. Unfallchirurg 2007:110:14-21.
25. Isenmann R, Brinkmann A, Henne-Bruns D. Möglichkeiten zur Ablaufoptimierung im OP. Prozessanalyse der Wechselzeiten in einem OP der Maximalversorgung. Zentralbl Chir 2004;129:4-9.
26. Jebali A, Hadj Alouane A, Ladet P. Operation rooms scheduling, International Journal of Production Economics 2006;99:52-62.
27. Kaufmann T, Schüpfer G, Bauer M. Der Gini-Koeffizient. Anaesthesist 2006;55:791–796.
28. Kennedy EP, Rosato EL, Sauter PK, Rosenberg LM, Doria C, Marino IR, et al. Initiation of a critical pathway for pancreaticoduodenectomy at an academic institution-the first step in multidisciplinary team building. J Am Coll Surg 2007;204:917-923.
29. Landry S, Philippe R. How logistics can service healthcare. Supply Chain Forum: An international Journal 2004;5:24-30.
30. Napolitano LM. Standardization of perioperative management: clinical pathways. Surg Clin North Am 2005;85:1321-1327.
31. Nimsky C, Ganslandt O, Buchfelder M, Fahlbusch R. Intraoperative visualization for resection of gliomas: the role of functional neuronavigation and intraoperative 1.5 T MRI. Neurol Res 2006;28:482-487.
32. Pinedo ML. Planning and Scheduling in Manufacturing and Services. Berlin: Springer; 2005.
33. Rau F. Das DRG-System zwingt zu besseren Prozessen. Führen und Wirtschaften im Krankenhaus 2007;24:378-379.
34. Sachverständigenrat zur Begutachtung der Entwicklung im Gesundheitswesen. Komplexe Organisationen als Kennzeichen eines modernen Gesundheitssystems. In: Kooperation und Verantwortung – Voraussetzungen einer zielorientierten Gesundheitsversorgung Ziffer 151, 152 http://www.svr-gesundheit.de/Startseite/Langfassung.pdf (14.07.2007).
35. Sandberg WS, Daily B, Egan M, Stahl JE, Goldman JM, Wiklund RA, et al. Deliberate perioperative systems design improves operating room throughput. Anesthesiology 2005;103: 406-418.
36. Schleppers A, Bauer M, Berry M, Geldner G, Bender HJ, Martin J. Entwicklungsstand im OP-Management. Anästh Intensivmed 2006;47:157-161.
37. Schlüchtermann J, Albrecht M. Die Materialwirtschaft muss sich zu Wort melden. Führen und Wirtschaften im Krankenhaus 2003;20:240-243.
38. Schuster M, Standl Th, Reißmann H, Reip W, Schulte am Esch J. Eine Europarecht-konforme Gestaltung der Dienstzeiten in der Anästhesie. Anästh Intensivmed 2003;44:795-802.
39. Schuster M, Wicha LL, Fiege M. Kennzahlen der OP-Effizienz. Anaesthesist 2007;56:259-271.
40. Siepermann C. Stand und Entwicklungstendenzen der Krankenhauslogistik in Deutschland – Empirische Erhebung und vergleichende Analyse. Berlin: Verlag für Wissenschaft und Forschung; 2004.
41. Vasilakis C, Sobolev BG, Kuramoto L, Levy AR. A simulation study of scheduling clinic appointments in surgical care: individual surgeon versus pooled lists. J Oper Res Soc 2007;58:202-211.
42. Williams HP. Model building in mathematical programming. 4. Auflage. Chichester: Verlag Wiley; 1999.
43. Zöller A, Denz C, Baumgart A, Bender HJ, Badreddin E, Heinzl A. Information need an IT demands for business process reengineering in operation room management. Proceeding of 1st European Conference on eHealth, Fribourg, Switzerland; 2006.

Korrespondenzadresse:
Dr. med. Christof Denz, M.Sc.
Klinik für Anästhesiologie und
Operative Intensivmedizin
Universitätsklinikum Mannheim
Theodor-Kutzer-Ufer 1 - 3
68167 Mannheim
Deutschland
Tel.: 0621 383 2415
Fax: 0621 383 2164
E-Mail: christof.denz@anaes.ma.uni-heidelberg.de