



SIMULATIONSBASIERTE PROZESSANALYSE AM BEISPIEL DER KATARAKTINTERVENTION IN DER UNIVERSITÄTSMEDIZIN GREIFSWALD



**OLAV GÖTZ
CLAUDIA BULLMANN
MARIA ZACH
FRANK TOST
STEFFEN FLEßA**

**ERNST-MORITZ-ARNDT-UNIVERSITÄT
GREIFSWALD**

**GOR-ARBEITSGRUPPE
„HEALTH CARE MANAGEMENT“
DÜSSELDORF, 03. MAI 2013**



- (1) Einleitung
- (2) Methodik
- (3) Ergebnisse
- (4) Diskussion
- (5) Fazit

(1) Einleitung



Ausgangslage:

- Einrichtungen des Gesundheitswesens stehen vor einer Vielzahl von Herausforderungen
- Ökonomische Analyse des Leistungsgeschehens, der Leistungserstellung und der Prozesse innerhalb von Krankenhaussystemen geraten stärker in den Fokus der Betrachtung
- Patientenpfade, Prozessabläufe, Arbeitsabläufe, Auslastung einzelner Ressourcen
- Auslastung von Ressourcen mit erhöhten Kosten (z.B. Operationsbereich, Intensivstationen, Ambulanzen)

Untersuchungsfrage:

Untersuchung des gesamten Behandlungsprozesses eines Patienten innerhalb einer Poliklinik eines Krankenhauses von Betreten der Poliklinik bis zum Verlassen der Einrichtung unter besonderer Betrachtung des Patientenpfades, der Auslastung der einzelnen Einrichtungen und des eingesetzten Personals und der Wartezeiten als wichtigen Qualitätsaspekt und die Gesamtzeit innerhalb des Systems.

(1) Einleitung

Ausgangslage:

- Einrichtungen des Gesundheitswesens stehen vor einer Vielzahl von Herausforderungen
- Ökonomische Analyse des Leistungsgeschehens, der Leistungserstellung und der Prozesse innerhalb von Krankenhaussystemen geraten stärker in den Fokus der Betrachtung
- Patientenpfade, Prozessabläufe, Arbeitsabläufe, Auslastung einzelner Ressourcen
- Auslastung von Ressourcen mit erhöhten Kosten (z.B. Operationsbereich, Intensivstationen, Ambulanzen)

Untersuchungsfrage:

Untersuchung des gesamten Behandlungsprozesses eines Patienten innerhalb einer Poliklinik eines Krankenhauses von Betreten der Poliklinik bis zum Verlassen der Einrichtung unter besonderer Betrachtung des Patientenpfades, der Auslastung der einzelnen Einrichtungen und des eingesetzten Personals und des Qualitätsaspekt und die Gesamtzeit innerhalb des Systems

Simulation

(1) Einleitung



Simulation:

- Vorgehensweise zur Analyse von Systemen (theoretische oder formelmäßige Behandlung zu kompliziert)
- Nachbildung eines realen Systems, Objektes oder Vorganges als Modell
- Experimente an Modellen, um Erkenntnisse über das reale System zu gewinnen

Diskrete Ereignis-Simulation (Discrete-Event Simulation):

- Modellierung dynamischer Systeme, bei denen der Zustand des Systems durch zeitabhängige Zustandsvariablen beschrieben werden kann.
- Variablen können sich an endlich vielen Zeitpunkten durch den Eintritt von Ereignissen verändern

(1) Einleitung

Simulation:

- Vorgehensweise zur Analyse von Systemen (theoretische oder formelmäßige Behandlung zu kompliziert)
- Nachbildung eines realen Systems als Modell
- Experimente an System zu gewinnen

Diskrete Ereignisse

- Modellierung des Systems durch zeitabhängige Variablen
- Variablen ändern ihren Wert beim Eintritt von Ereignissen

Gründe für Simulation:

- Untersuchung am realen System wäre zu aufwändig, teuer, ethisch nicht vertretbar, zu gefährlich
- Reales System existiert noch nicht
- Reales System nicht direkt beobachtbar
- Modifizierbarkeit
- Ausbildung
- Reproduzierbarkeit

Discrete-Event-Simulation (DES)

Beispiel: Katarakt

(1) Einleitung



Katarakt:

- “Grauer Star”
- Trübung der Augenlinse
- Begleiterscheinung im Alterungsprozess
- Getrübe Linse kann durch eine klare Kunstlinse mit Hilfe einer ambulanten Operation ersetzt werden

Untersuchungsfrage:

Untersuchung des gesamten Behandlungsprozesses eines Kataraktpatienten innerhalb einer Poliklinik eines Krankenhauses von Betreten der Poliklinik bis zum Verlassen der Einrichtung unter besonderer Betrachtung des Patientenpfades, der Auslastung der einzelnen Einrichtungen und des eingesetzten Personals und der Wartezeiten als wichtigen Qualitätsaspekt und die Gesamtzeit innerhalb des Systems.

(1) Einleitung

Katarakt:

- “Grauer Star”
- Trübung der Augenlinse
- Begleiterscheinung im Alterungsprozess
- Getrübte Linse kann durch eine klare Kunstlinse mit Hilfe einer ambulanten Operation ersetzt werden

Untersuchungsfrage:

Untersuchung des gesamten Prozentsatzes von Kataraktoperationen innerhalb einer Poliklinik eines Krankenhauses von 2010 bis 2012. Ziel ist es, die Leistungsfähigkeit der Einrichtung unter besonderer Betrachtung des Patientenpfades, der eingesetzten Ressourcen, der Abfertigungsrichtungen und des eingesetzten Personals und der Wartezeiten als wichtigen Qualitätsindikator zu bewerten und die Gesamtzeit innerhalb des Systems.

Discrete-Event-Simulation Model der Kataraktintervention

Prozessanalyse

Datenerhebung

Analyse und
Aufbereitung der
Daten

Grundmodell

(2) Methodik



- **Prozessstrukturanalyse des Katarakteingriffes**
- **Datenerhebung**
- **Datenanalyse**
- **Erstellung eines stochastischen diskreten Ereignis-Simulationsmodells (Grundmodell)**
- **Modellszenarien**
- **Präsentation der Ergebnisse im Krankenhaus**

(2) Methodik

- Prozessstrukturanalyse des
- Datenerhebung
- Datenanalyse
- Erstellung eines stochastischen
Simulationsmodells (C
- Modellvarianten
- Präsentation der Ergebnisse

- Behandlungsleitlinien
- Interviews mit involviertem Personal (ärztlich, pflegerisch)
- Beobachtung (Personal, Patient)

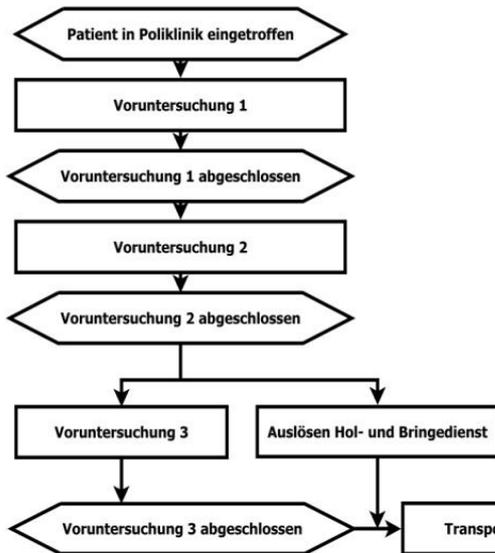
- Zeitmessstudie
Probeerhebungsphase: 26.04.-29.04.2011
Zeiterhebung: 01.05.-31.05.2011 von 07.00 – 17.00 Uhr
Fortschrittszeitmessung, Einzelzeitmessung mittels Stoppuhr
13 Messpersonen
- Interviews
- Krankenhausinformationssystem

- Verifizierung und Validierung
Trace-Methode, Animation, Debugging
Testen gegen die Realdaten
Experteninterviews
- Simulationsläufe mit Outputanalyse

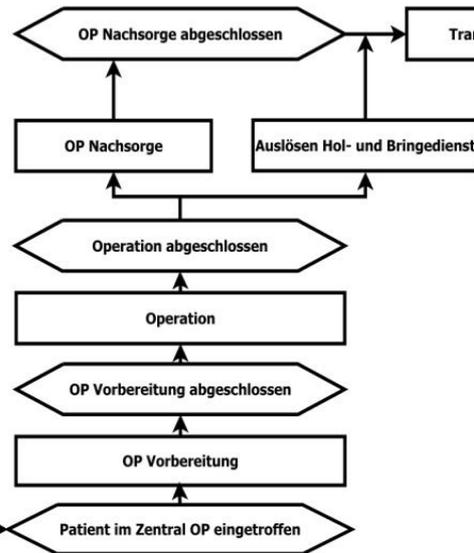
- Deskriptive Statistik
- Verteilungsanpassung (Distribution Fitting, Goodness of fit Tests)
- Graphische Analysen

(3) Ergebnisse

Poliklinik Augenheilkunde



Zentral OP



Poliklinik Augenheilkunde

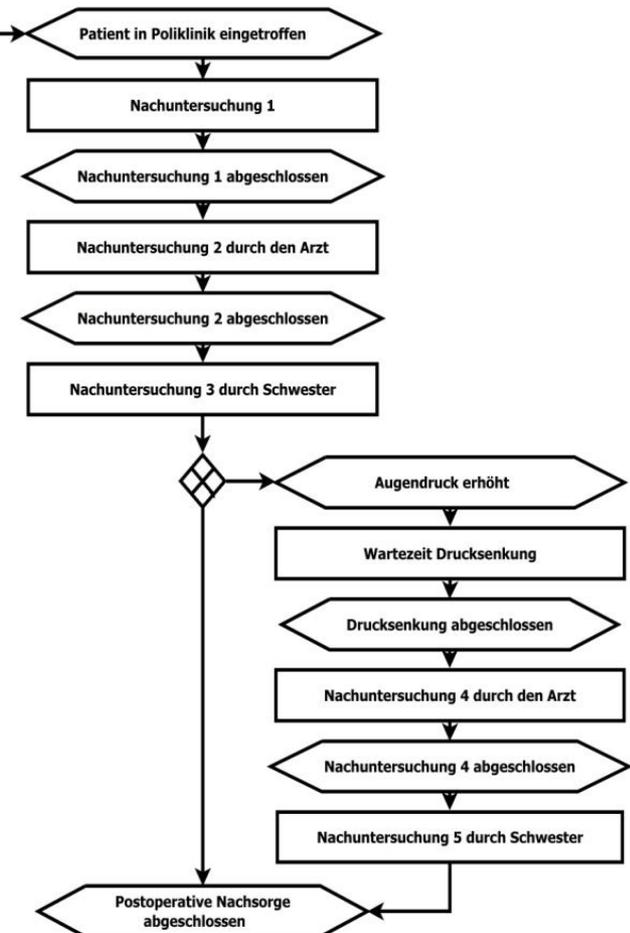


Abbildung 1: Prozesspfad ambulante Kataraktoperation.
Quelle: Eigene Darstellung.

(3) Ergebnisse



Zeitmessstudie:

	Gesamtzeit (hh:mm:ss)		Gesamtzeit in Poliklinik (prä-OP-Bereich) (hh:mm:ss)	Gesamtzeit Zentral-OP (operativer Bereich) (hh:mm:ss)	Gesamtzeit Poliklinik (post-OP-Bereich) (hh:mm:ss)	
	Augeninnendruck normal	Augeninnendruck erhöht			Augeninnendruck normal	Augeninnendruck erhöht
N	60	6	66	63	65	2
MW	05:10:49	06:05:52	00:45:00	03:26:49	00:47:03	01:45:08
Minimum	03:24:41	04:47:17	00:14:10	01:55:49	00:14:42	01:25:51
Maximum	07:39:50	07:14:24	01:31:30	06:20:01	02:09:37	02:04:24
Standardabweichung	00:56:53	00:52:03	00:18:09	00:55:43	00:22:12	00:27:16

Tabelle 1: Übersicht Gesamtzeit eines Patienten im Krankenhaus.

Quelle: Eigene Erhebung.

(3) Ergebnisse



Funktion (Anzahl Datensätze)	Theoretische Verteilung	p-value K-S-Test A-D-Test
Abweichung zwischen Ankunftszeit und Bestelltermin (N=61)	Beta (-3.29e+004, 720, 45.3, 2.21)	0.636 0.483
Dauer Voruntersuchung 1 (Schwester) (N=66)	LogNormal (25.8, 6.06, 0.383)	0.98 0.989
Dauer Voruntersuchung 2 (Arzt)(N=66)	LogLogistic (-166, 5.89, 471)	0.943 0.956
Zeit bis zum Auslösen des Transportauftrages 1 (N=56)	Inverse Weibull (-27.9, 1.57, 1.34e-002)	0.474 0.613
Wartezeit Transport 1 (N=57)	Logistic (626, 261).	0.393 0.163
Dauer Transport 1 (N=64)	Pearson6 (120, 278, 7.86, 27.5)	0.994 0.99

Tabelle 2: Theoretische Verteilungen (prä-OP-Bereich).

Quelle: Eigene Erhebung.

(3) Ergebnisse



Funktion (Anzahl Datensätze)	Theoretische Verteilung	p-value K-S-Test A-D-Test
Zeit bis Operateur im Vorbereitungsraum eintrifft (N=36)	Beta (-150, 3.34e+004, 1.51, 43.2)	0.869
		0.756
Zeit bis Operateur im OP eintrifft (N=57)	Inverse Weibull (-1.1e+003, 7.07, 7.07e-004)	0.901
		0.964
Zeit bis OP-Freigabe (N=57)	Pearson5 (-1.28, 2.68, 378)	0.961
		0.954
Zeit von OP-Freigabe bis OP-Beginn (N=66)	Lognormal (-222, 6.18, 0.158)	0.982
		0.973
Zeit OP-Beginn bis OP-Ende (N=66)	Pearson5 (431, 3.08, 1.01e+003)	0.857
		0.853
Zeit OP-Ende bis Verlassen OP (N=66)	LogLogistic (5.67, 4.79, 148)	0.975
		0.989
Zeit OP-Ende bis Operateur verlässt OP (N=29)	LogLogistic (-3.38, 3.43, 104)	0.711
		0.779
Aufenthaltsdauer im Vorbereitungsraum (N=66)	Gamma (-49.4, 3.07, 143)	0.963
		0.958
Zeit bis Auslösen Transportauftrag 2 (N=56)	Normal (3.43e+003, 1.09e+003)	0.965
		0.892
Wartezeit Transport 2 (N=56)	LogLogistic (-1.27e+003, 8.97, 1.97e+003)	0.947
		0.919
Dauer Transport 2 (N=66)	LogLogistic (82.9, 5.01, 150)	0.984
		0.966

Tabelle 3: Theoretische Verteilungen (operativer Bereich).

Quelle: Eigene Erhebung.

(3) Ergebnisse



Funktion (Anzahl Datensätze)	Theoretische Verteilung	p-value K-S-Test A-D-Test
Dauer Nachuntersuchung 1 Schwester (N=66)	Weibull (72.9, 1.47, 306)	0.878
		0.913
Dauer Nachuntersuchung 2 Arzt (N=66)	Pearson5 (-31.2, 8.73, 2.26e+003).	0.991
		0.997
Dauer Nachuntersuchung 3 Schwester (N=65)	Inverse Weibull (-1.56e+003, 11.1, 5.28e-004).	0.97
		0.981

Tabelle 4: Theoretische Verteilungen (post-OP-Bereich).

Quelle: Eigene Erhebung

(3) Ergebnisse

- Grundmodell

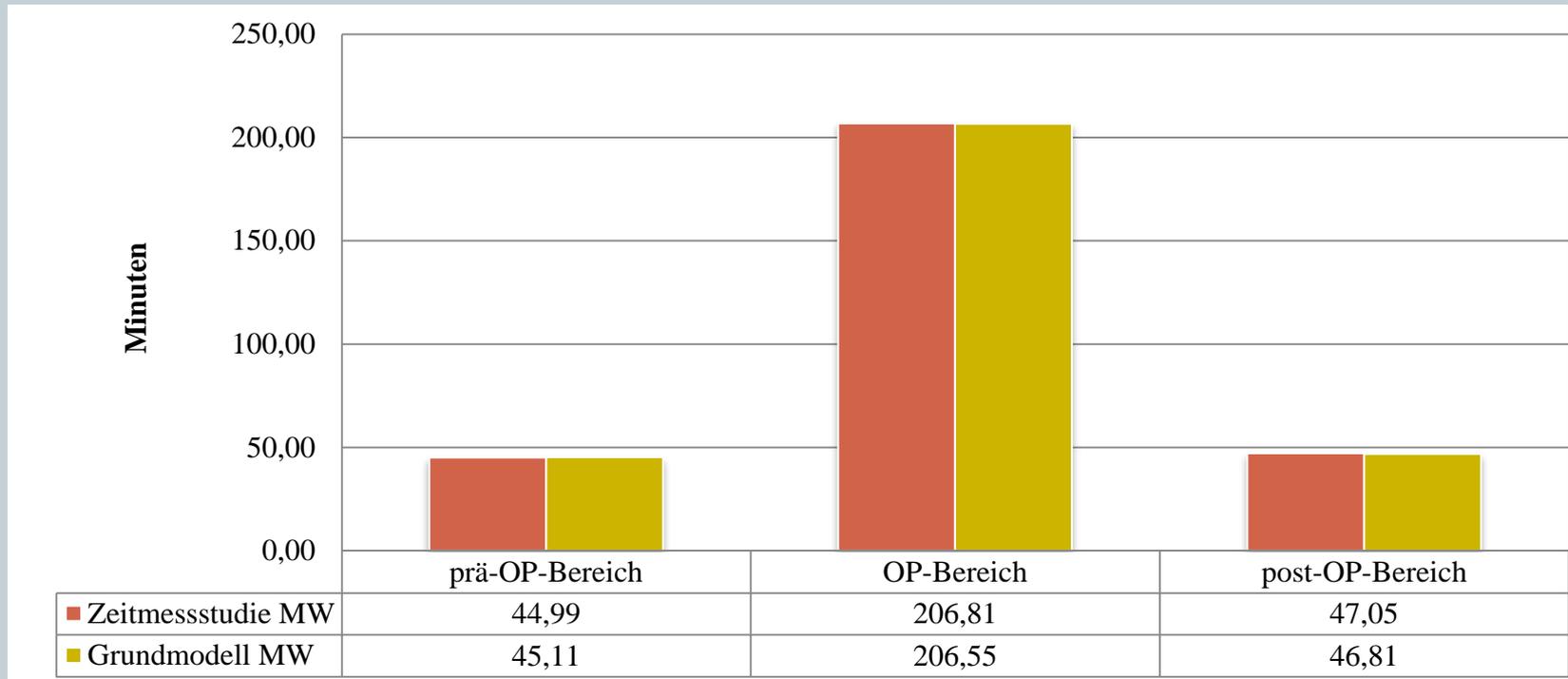


Abbildung 2: Gesamtmittelwerte – Zeiterhebung und Grundmodell.

Quelle: Eigene Erhebung.

(3) Ergebnisse



Modellszenarien:

Szenario	Beschreibung
1	Auswirkungen einer geänderten Einbestellpolitik (Bestellzeit des Patienten eine Stunde vor Operationstermin)
2	Anforderungszeit des Patiententransportes auf maximal 10 Minuten gesenkt
3	Verkürzung der Wartezeit auf Operateur im Operationssaal (Wartezeit max. 10 Minuten)
4	Veränderte Personelle Ausstattung im Vorbereitungsraum (dritte Schwester im Zeitraum von 7:15 – 14:15 Uhr)
5	Einsatz eines Arztes im Vorbereitungsraum

Tabelle 5: Modellszenarien.

Quelle: Eigene Darstellung.

(3) Ergebnisse

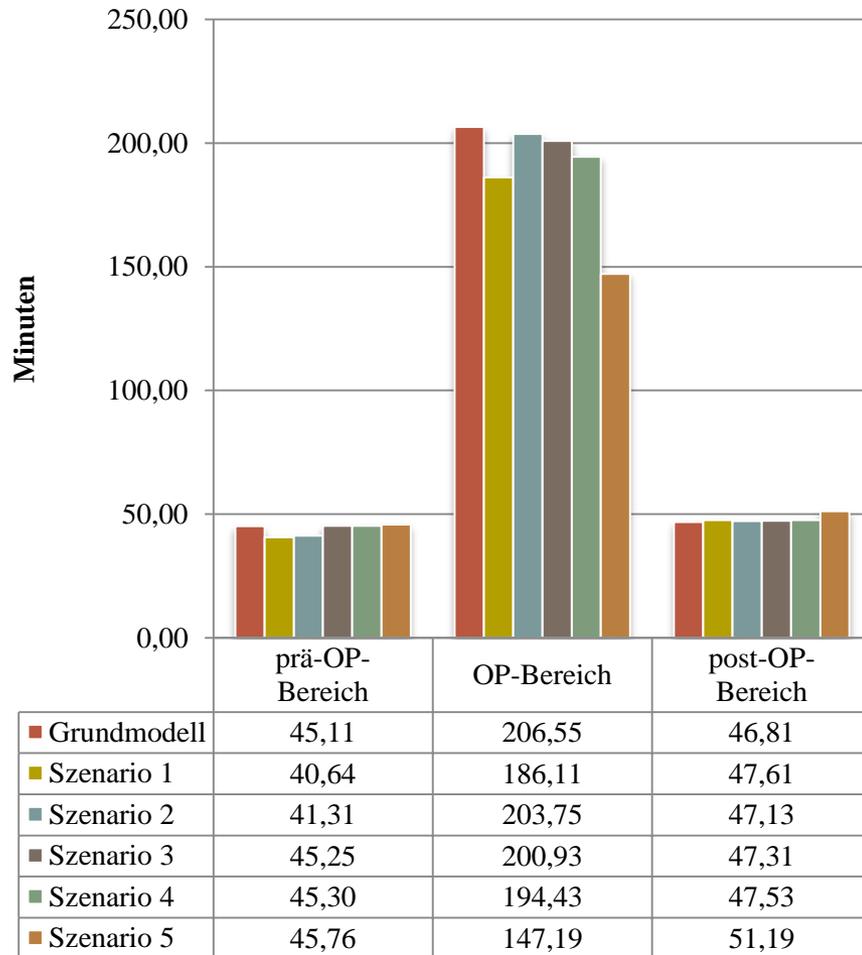


Abbildung 3: Gesamtmittelwerte – Grundmodell und Szenarien.
Quelle: Eigene Darstellung

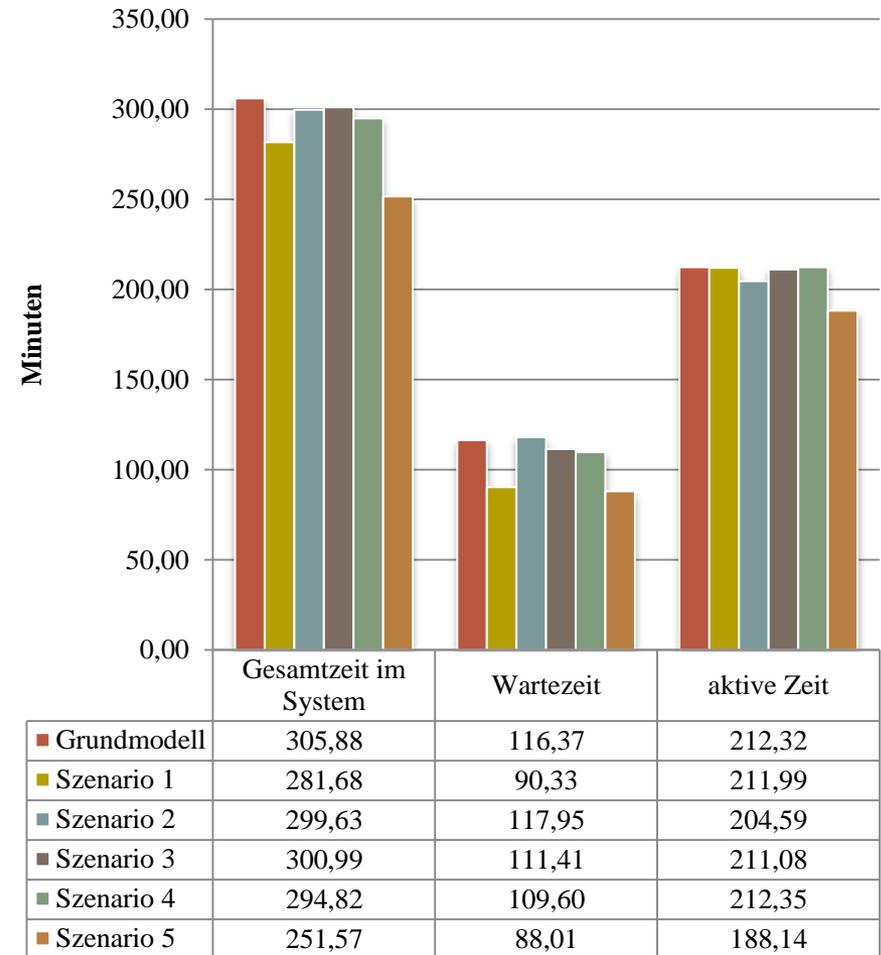


Abbildung 4: Gesamtmittelwerte – Grundmodell und Szenarien.
Quelle: Eigene Darstellung.

(3) Ergebnisse



	zeitliche Beanspruchung pro Tag in Minuten					
	Grundmodell	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4	Szenario 5
Arzt	216,01	216,48	216,35	216,69	216,59	220,09
Schwester Poliklinik 1	253,61	249,99	255,54	255,96	257,39	269,07
Schwester Poliklinik 2	21,40	25,08	19,77	19,47	18,00	6,03
Schwester Vorbereitungsraum 1	253,06	247,26	254,05	251,89	210,21	155,00
Schwester Vorbereitungsraum 2	74,97	81,47	74,26	76,07	50,13	20,83
Schwester Vorbereitungsraum 3					67,49	
Schwester OP	319,23	319,74	319,38	307,38	320,11	248,63
Operateur	312,31	312,10	311,74	312,12	312,51	259,80
Arzt Vorbereitungsraum						104,39

Tabelle 6: Ressourcenauslastung (personell).

Quelle: Eigene Erhebung.

(3) Ergebnisse



Abbildung 5: Ressourcenauslastung (räumlich).

Quelle: Eigene Darstellung.

(4) Diskussion



Szenario	Änderung zum Grundmodell
1	Funktionszeiten im Mittel im Vergleich zum Grundmodell fast unverändert; Wartezeiten reduzieren sich im Bereich präoperativer und operativer Teilprozess; Gesamtprozess in Szenario 1 kürzer: 00:24:30 niedriger als im Grundmodell
2	Kaum Veränderungen im Vergleich zum Grundmodell (leichte Wartezeitreduktion im Bereich des ersten (-238 sek.) und zweiten (-228 sek.) Transports
3	Leichte Veränderungen im Bereich Dauer der OP-Vorbereitung (-90 sek.), Warten auf Operateur im OP-Saal (-70 sek.), Wartezeit im Vorbereitungsraum (-196 sek.), Beanspruchung personeller und räumlicher Ressourcen steigt.
4	Verkürzung der max. Dauer von 00:21:42 und mittleren Dauer von 00:12:24. Gesamtprozess um 3,77% kürzer als im Grundmodell. Beanspruchung personeller Ressourcen im Vorbereitungsraum steigt.
5	Reduktion der Prozesszeit im Bereich operativer Teilprozess um 00:59:42. Erhöhung der Prozesszeit im postoperativem Teilprozess um 00:04:12. Gesamtzeit im Mittel 17,88% niedriger als im Grundmodell. Beanspruchung Arzt steigt im Vorbereitungsraum.

Tabelle 7: Zusammenfassung Modellszenarien.

Quelle: Eigene Darstellung.

(4) Diskussion



Grundmodell:

- Datengrundlage (N=66) → theoretische Verteilungsfunktionen
- Patientenkollektiv entspricht frühere Untersuchungen → repräsentativ für ambulante Kataraktintervention
- Datenverfügbarkeit → Annahmen notwendig
- Mittelwerte gut, jedoch teilweise größere Schwankungen bei Minimum und Maximum

(4) Diskussion



Szenarien:

- Geringere Wartezeiten möglich
- Teilweise erhöhte Beanspruchung personeller und räumlicher Ressourcen
- Umsetzbarkeit teilweise fraglich

(5) Fazit



- Abbildung und Simulation des Patientenbehandlungspfades einer ambulanten Kataraktoperation
- Simulation verschiedener Szenarien auf Grundlage der Untersuchungsfrage (Auslastungen, Wartezeiten, etc.) → Auswirkungen auf das Modell
- Erhebung der Daten mittels Zeitmessstudie
- DES als wirkungsvolles Werkzeug zur Analyse wichtiger Aspekte im Gesundheitsbereich
- Substantielle Unterstützung der Entscheidungsträger
- Weitere Analyse:
 - Integration von Kosten
 - Erweiterung des Analysespektrums (verschiedene Interventionen, Gesamtprozess durch KH (Aufnahme, OP, Entlassung))
 - Simulierung eines gesamten OP-Bereichs



- Balci, O. 1997. "Verification, validation and accreditation of simulation models." Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference:135-141.
- Banks, J. 2005. *Discrete-event system simulation*. 4th ed. Prentice-Hall international series in industrial and systems engineering, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Brailsford, S.C., Harper, P.R., Patel, B., Pitt, M. 2009. "An analysis of the academic literature on simulation and modelling in health care." J of Sim 3 (3):130-140.
- Cardoen, B., Demeulemeester, E., Beliën, J. 2010. "Operating room planning and scheduling: A literature review." European journal of operational research 201 (3):921-932.
- Geer Mountain Software Corporation. 2006. *Stat::Fit, Version 2*.
- ProModel Corporation. 2008. *MedModel User Guide*. Orem.
- Fleßa, S. 2010. *Grundzüge der Krankenhausbetriebslehre*. München.
- Fone, D., Hollinghurst, S., Temple, M., Round, A., Lester, N., Weightman, A., Roberts, K., Coyle, E., Bevan, G., Palmer, S. 2003. "Systematic review of the use and value of computer simulation modelling in population health and health care delivery." J Public Health Med 25 (4):325-335.
- Harrell, C., Ghosh, B.K., Bowden, R. 2000. *Simulation using ProModel*. McGraw-Hill series in industrial engineering and management science, 3rd edn. McGraw-Hill, Boston.
- Harrell, C.R., Price, R.N. 2003. "Simulation modeling using PROMODEL technology." Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference, Vols 1 and 2:175-181.
- Jun, J.B., Jacobson, S.H., Swisher, J.R. 1999. "Application of discrete-event simulation in health care clinics: A survey." Journal of the Operational Research Society 50 (2):109-123.
- Law, A.M. 2006. *Simulation modeling and analysis*. McGraw-Hill series in industrial engineering and management science, 4th edn. McGraw-Hill, Boston.
- Reindl, S., Mönch, L., Mönch M., Scheider A. 2009. „Modeling and simulation of cataract surgery processes." In *Winter Simulation Conference (WSC '09)*. Winter Simulation Conference 1937-1945.
- Robinson, S. 2005. "Discrete-event simulation: from the pioneers to the present, what next?" Journal of the Operational Research Society 56 (6):619-629.
- Sargent, R.G. 2005. "Verification and validation of simulation models." Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference, Vols 1-4:130-143.
- Shannon, R.E. 1998. "Introduction to the art and science of simulation." Winter Simulation Conference Proceedings, Vols 1 and 2:7-14.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Dipl.-Kfm. Olav Götz, M.Sc.
Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald
Friedrich-Loeffler-Straße 70
17489 Greifswald
olav.goetz@uni-greifswald.de