

Ein exactes Verfahren zur Bestimmung des Workloads von Recovery-Patienten in Abhängigkeit von einem Master OP-Plan

Johann Hurink, Peter Vanberkel

Univeristy of Twente, Dep. of Applied Mathematics
Centre for Healthcare Operations Improvement and Research

Tagung GOR-AG "Health Care Managemeny", 12./13.02.2010



Outline

- Motivation / Hintergrund
- Der Master OP Schedule (MSS)
- Model: workload in den Stationen als Function des MSS
- Anwendung





Motivation / Hintergrund > Problem Beschreibung



Netherlands Cancer Institute - Antoni van Leeuwenhoek Hospital

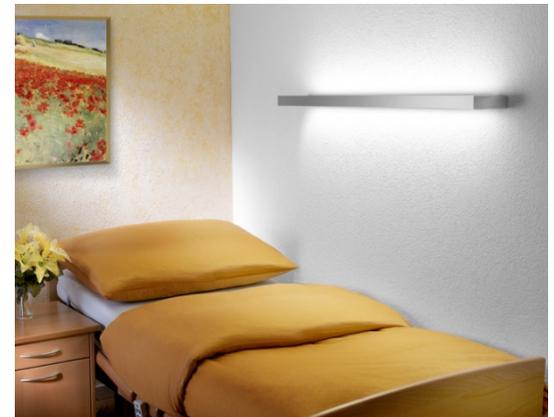
- 550 Wissenschaftler und unterstützendes Personal
- 53 medische Spezialisten,
- 180 Betten,
- Ambulanz, erhält 24000 neue Patienten pro Jahr,
- 5 Operationssäle (OP)
- 9 Bestrahlungseinheiten.
- OP 6 soll geöffnet werden.

Motivation / Hintergrund

> Die OP-Station Beziehung

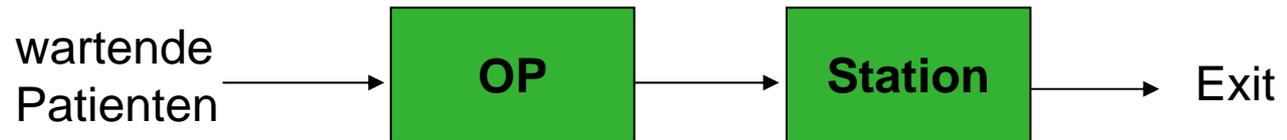
OP 6 öffnete in 2009

- Wie beeinflusst dies den Rest des Krankenhauses, speziell die Stationen?
 - Belegrate
 - Aufnahme- / Entlassungsrate
 - Frequenz von Behandlungen



Motivation / Hintergrund

> Die OP-Station Beziehung



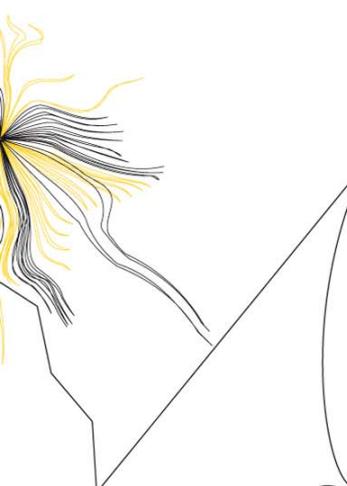
- **Upstream vom OP:** Genug Patienten die verhindern das ein OR 'stirbt'
- **Im OP:** Ärzte Schedules, Equipment...
- **Downstream vom OP:** Unser Focus



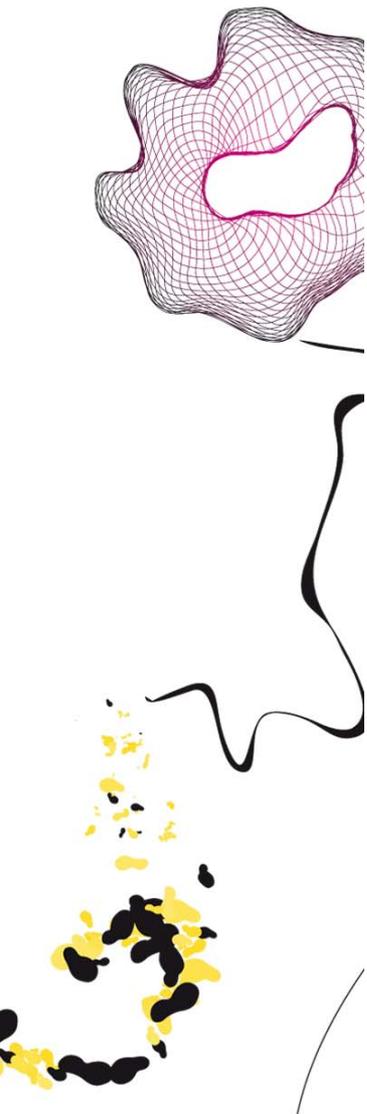
Motivation / Hintergrund

> Die OP-Station Beziehung

Patienten Fluss (Tag der OP)

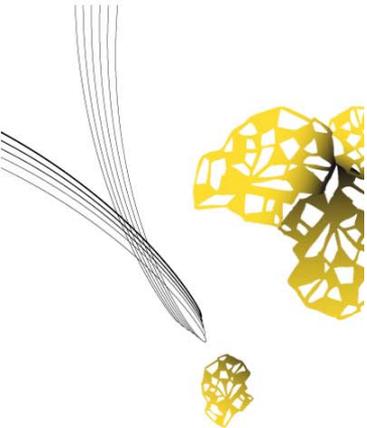
- **Am Morgen der OP:** Patient wird auf der Station aufgenommen
 - **Zeitpunkt der OP:** Patient bekommt Narkose, Operation, Aufwachstation
 - **Nach der OP:** Patient wird zur Station gebracht, dort Recovery für den LOS
 - **Nach dem Recovery:** Patient wird entlassen
- 





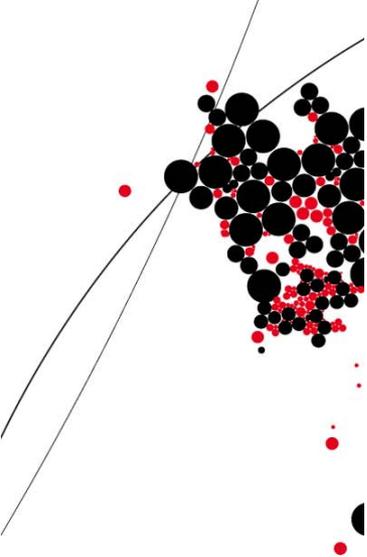
Der Master OP Schedule (MSS)

- Die Aktivitäten der OP Abteilung werden bestimmt vom MSS.
 - Welche medische Specialty bekommt welche OP Blöcke? (Keine spezifischen Patienten)
 - Typischerweise zyklisch
 - Organisation des OP: Berücksichtigt potentielle Resource Konflikte innerhalb des OP, z.B Ärzte Schedules, Equipment, etc.
- Bestimmt den Ankunftsprozess von Patienten auf den Stationen

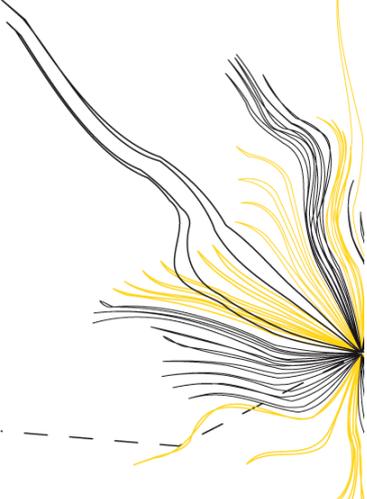


Der Master OP Schedule (MSS)

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri
OR1	Chi (KLM)	CHI (VWL)	CHI (vwl/rur) HIPEC	Chi (nie)	Chi (VRP)
OR2	KNO	CHI (RUT)	Urologie (hbs)	RT	Urologie (MND)
OR3	KNO	Plas Chi	KNO	KNO	Plas Chi
OR4	CHI (COR)	Gyne	Chi Mamma	Plas Chi	Gyne
OR5	RT	CHI (SND/WOS)	RT (vwl/rur)	Urologie (pel/bex)	Urologie (P&B)
OR6	Urologie (P&B)	CHI (VWL)	Gyne	Chi (ODB)	Chi (Cor/rur)



Ziel: Bestimme den Workload, der vom MSS verursacht wird



Modell: Workload der Stationen als Function des MSS

Konzeptuelles Model

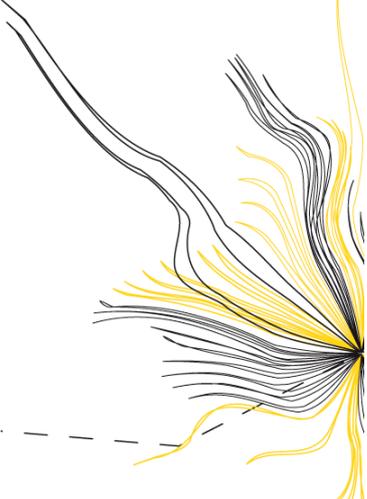
Batches von Patienten kommen
täglich an gemäss dem MSS



Entlassung

Annahmen

- Keine Absagen von OP's auf Grund von zu wenig Kapazitäten (extra Personal wird aufgerufen)
 - Akzeptables Risiko von "Aufrufen Personal" ist ~10%
- Zeitskala ist Tage. Patients werden gezählt am Tag der Aufnahme, nicht am Tag der Entlassung



Modell: Workload der Stationen als Function des MSS

Konzeptuelles Model

Batches von Patienten kommen
täglich an gemäss dem MSS



Station

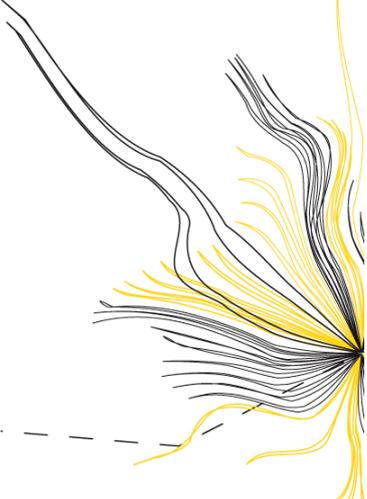
Recovery



Entlassung

Metriken

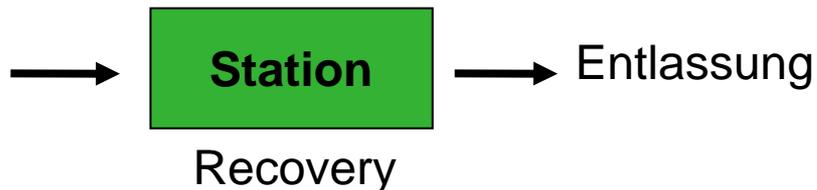
- 1) Belegung der Station
- 2) Aufnahme- und Entlassungsraten
- 3) Anzahl der Recovering-Patienten im Krankenhaus
- 4) Patienten im n-ten Tag des Recovery-Prozess



Modell: Workload der Stationen als Function des MSS

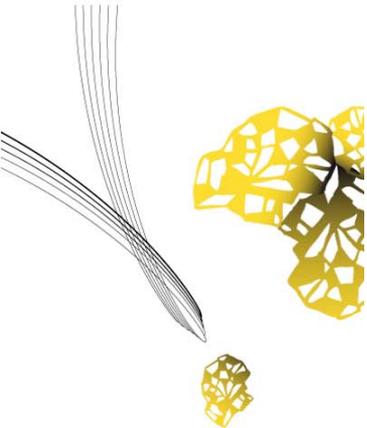
Konzeptuelles Model

Batches von Patienten kommen
täglich an gemäss dem MSS



Daten

- Für jede medische Specialty
 - Empirische Verteilung von Cases/Block (batch size)
 - Empirische Verteilung des Length of Stay (LOS)



Modell: Workload der Stationen als Function des MSS

> Metrik 1: Recovering Patienten im Krankenhaus

Recovering Patienten im Krankenhaus am Tag der Operation ($t=0$)

- Betrachte den Einfluss für jede Specialty gesondert
- Betrachte einen Block der Specialty
 - Sei $c(x)$ eine Zufallsvariable für die Anzahl der durchgeführten Operationen in einem Block
 - $c(x)$ beschreibt also die batch size der Aufnahmen auf der Station
 - Ferner gibt $c(x)$ die Anzahl der Recovering Patienten im Krankenhaus am Tag der Operation ($t=0$)

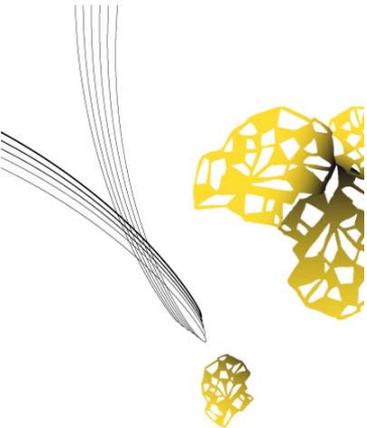
Modell: Workload der Stationen als Function des MSS

> Metrik 1: Recovering Patienten im Krankenhaus

Recovering Patienten im Krankenhaus am Tag $t > 0$ nach der OP

- An jedem Tag hat ein Patient zwei Optionen: “Bleiben” or “Entlassen”
 - Mit Wahrscheinlichkeit $d(t)$ wird ein Patient, der am Tag t noch im Krankenhaus ist, an diesem Tag entlassen
- Von den LOS-Daten, kennen wir $P(t)$, die Wahrscheinlichkeit das die LOS eines Patienten genau t days lang ist
- Dies ergibt:

$$d(t) = \frac{P(t)}{\prod_{t=0}^{t-1} (1 - d(t))}$$



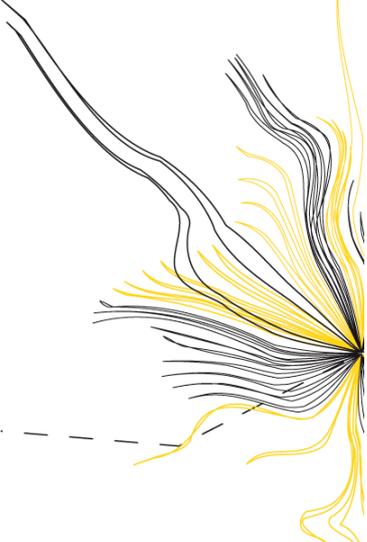
Modell: Workload der Stationen als Function des MSS

> Metrik 1: Recovering Patienten im Krankenhaus

Recovering Patienten im Krankenhaus am Tag $t > 0$ nach der OP

- Sei $h_t(x)$ die Wahrscheinlichkeit x Patienten am Tag t zu haben
- Dann ist:

$$h_t(x) = \sum_{k=x}^C h_{t-1}(k) \binom{k}{x} (d(t))^{k-x} (1 - d(t))^x$$

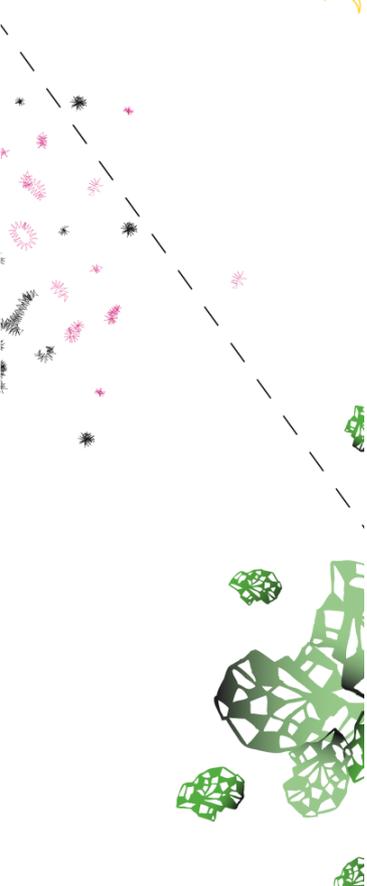


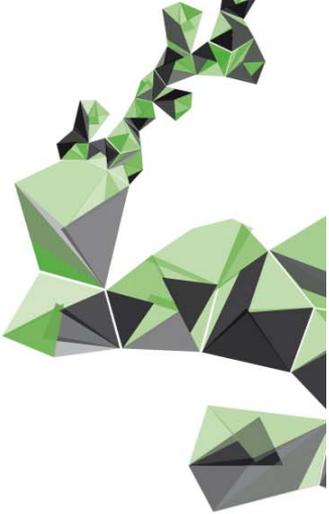
Modell: Workload der Stationen als Function des MSS

> Metrik 1: Recovering Patienten im Krankenhaus

Recovering Patienten im Krankenhaus am Tag $t > 0$ nach der OP

- Betrachte den Einfluss eines Blocks für jede Specialty gesondert


$$h_t(x) = \begin{cases} c(x) & \text{when } t = 0 \\ \sum_{k=x}^C \binom{k}{x} (d(t))^{k-x} (1 - d(t))^x h_{t-1}(k) & \text{otherwise.} \end{cases}$$

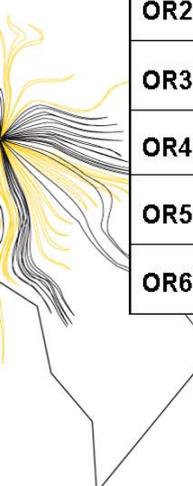


Modell: Workload der Stationen als Function des MSS

> Metrik 1: Recovering Patienten im Krankenhaus

Recovering Patienten im Krankenhaus (alle Specialties)

- Betrachte einen MSS gesondert



	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri
OR1	Chi (KLM)	CHI (VWL)	CHI (vwl/rur) HIPEC	Chi (nie)	Chi (VRP)
OR2	KNO	CHI (RUT)	Urologie (hbs)	RT	Urologie (MND)
OR3	KNO	Plas Chi	KNO	KNO	Plas Chi
OR4	CHI (COR)	Gyne	Chi Mamma	Plas Chi	Gyne
OR5	RT	CHI (SND/WOS)	RT (vwl/rur)	Urologie (pel/bex)	Urologie (P&B)
OR6	Urologie (P&B)	CHI (VWL)	Gyne	Chi (ODB)	Chi (Cor/rur)

- Jeder Block generiert Patienten für die Stationen. Die Anzahl der Patienten ist verteilt gemäß $h_t(x)$.
- Da Patienten sich nicht beeinflussen während des Recovery, kann die aggregierte Anzahl von Patienten mit diskreter Konvolution bestimmt werden

$$C(x) = \sum_{k=0}^{\tau} A(k)B(x - k)$$





Modell: Workload der Stationen als Function des MSS

> Metrik 1: Recovering Patienten im Krankenhaus

- **Recovering Patienten im Krankenhaus (alle Specialties)**

- Sei $H_{t'}(x)$ die Wahrscheinlichkeit von x Patienten am Tag t' resultierend von *allen* Blöcken

- $t'=1$ ist der erste Tag des MSS Zyklus

$$H_{t'}(x) = h_n^{block\ 1} * h_n^{block\ 2} * h_n^{block\ 3} * \dots$$

- Wobei:

- $*$ die diskrete Konvolution bezeichnet

- n eine Function ist von t' und dem Wochentag an dem der Block ausgeführt wird

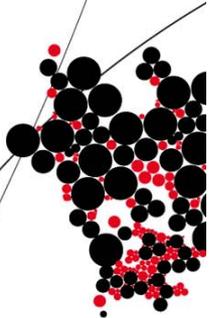


Modell: Workload der Stationen als Function des MSS

> Metrik 1: Recovering Patienten im Krankenhaus

Recovering Patienten im Krankenhaus (alle Specialties, wiederholender MSS)

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri
OR1	Chi (KLM)	CHI (VWL)	CHI (vw/rur) HIPEC	Chi (nie)	Chi (VRP)			Chi (KLM)	CHI (VWL)	CHI (vw/rur) HIPEC	Chi (nie)	Chi (VRP)			Chi (KLM)	CHI (VWL)	CHI (vw/rur) HIPEC	Chi (nie)	Chi (VRP)
OR2	KNO	CHI (RUT)	Urologie (hbs)	RT	Urologie (MND)			KNO	CHI (RUT)	Urologie (hbs)	RT	Urologie (MND)			KNO	CHI (RUT)	Urologie (hbs)	RT	Urologie (MND)
OR3	KNO	Plas Chi	KNO	KNO	Plas Chi			KNO	Plas Chi	KNO	KNO	Plas Chi			KNO	Plas Chi	KNO	KNO	Plas Chi
OR4	CHI (COR)	Gyne	Chi Mamma	Plas Chi	Gyne			CHI (COR)	Gyne	Chi Mamma	Plas Chi	Gyne			CHI (COR)	Gyne	Chi Mamma	Plas Chi	Gyne
OR5	RT	CHI (SNDWVOS)	RT (vw/rur)	Urologie (pel/bex)	Urologie (P&B)			RT	CHI (SNDWVOS)	RT (vw/rur)	Urologie (pel/bex)	Urologie (P&B)			RT	CHI (SNDWVOS)	RT (vw/rur)	Urologie (pel/bex)	Urologie (P&B)
OR6	Urologie (P&B)	CHI (VWL)	Gyne	Chi (ODB)	Chi (Cor/rur)			Urologie (P&B)	CHI (VWL)	Gyne	Chi (ODB)	Chi (Cor/rur)			Urologie (P&B)	CHI (VWL)	Gyne	Chi (ODB)	Chi (Cor/rur)

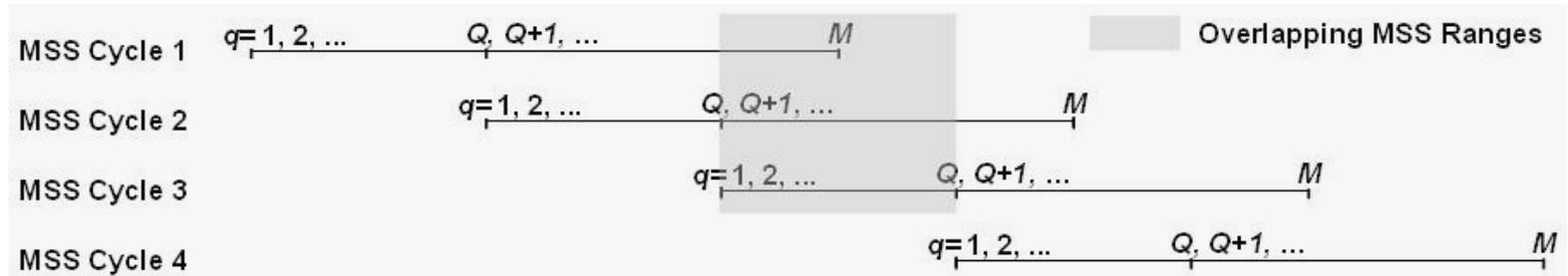


- Mit wiederholenden MSS, werden Patienten von verschiedenen MSS Zyklen überlappen
- Der MSS ist zyklisch, d.h. der MSS verändert nicht von Woche zu Woche

Modell: Workload der Stationen als Function des MSS

> Metrik 1: Recovering Patienten im Krankenhaus

Recovering Patienten im Krankenhaus (alle Specialties, wiederh. MSS)



- Sei $\mathbf{H}_q(x)$ die 'steady state' Verteilung der Anzahl der Recovery Patienten im Krankenhaus am Tag q des MSS

$$\mathbf{H}_q(x) = H_q * H_{q+Q} * H_{q+2Q} * \dots * H_{q+\lceil M/Q \rceil Q}$$



Modell: Workload der Stationen als Function des MSS

> Metrik 2: Stationsbelegung

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri
OR1	Chi (KLM)	CHI (VWL)	CHI (vwl/rur) HIPEC	Chi (nie)	Chi (VRP)
OR2	KNO	CHI (RUT)	Urologie (hbs)	RT	Urologie (MND)
OR3	KNO	Plas Chi	KNO	KNO	Plas Chi
OR4	CHI (COR)	Gyne	Chi Mamma	Plas Chi	Gyne
OR5	RT	CHI (SND/WOS)	RT (vwl/rur)	Urologie (pel/bex)	Urologie (P&B)
OR6	Urologie (P&B)	CHI (VWL)	Gyne	Chi (ODB)	Chi (Cor/rur)

Station A

Station B

- Um Stations spezifische Ergebnisse zu erhalten, muss man beim Berechnen von $H_t(x)$ nur die oR-Blöcke berücksichtigen, die für die jeweilige Station relevant sind.



Modell: Workload der Stationen als Function des MSS

> Metrik 3: Aufnahme- und Entlassungsraten

- Aufnahme- und Entlassungsraten

- Modifiziere $h_t(x)$ wie folgt und berechne die Konvolution wie gehabt

$$h_t(x) = \begin{cases} c(x) & \text{when } t = 0 \\ \mathbf{0} & \text{otherwise.} \end{cases}$$

- Entlassungsrate

- Berechne $h'_t(x)$ wie folgt:

$$h'_t(x) = \sum_{k=x}^C \binom{k}{x} (d(t))^x (1 - d(t))^{k-x} h_t(k)$$

- setze dann $h_t(x) = h'_t(x)$ und berechne die Konvolution wie gehabt

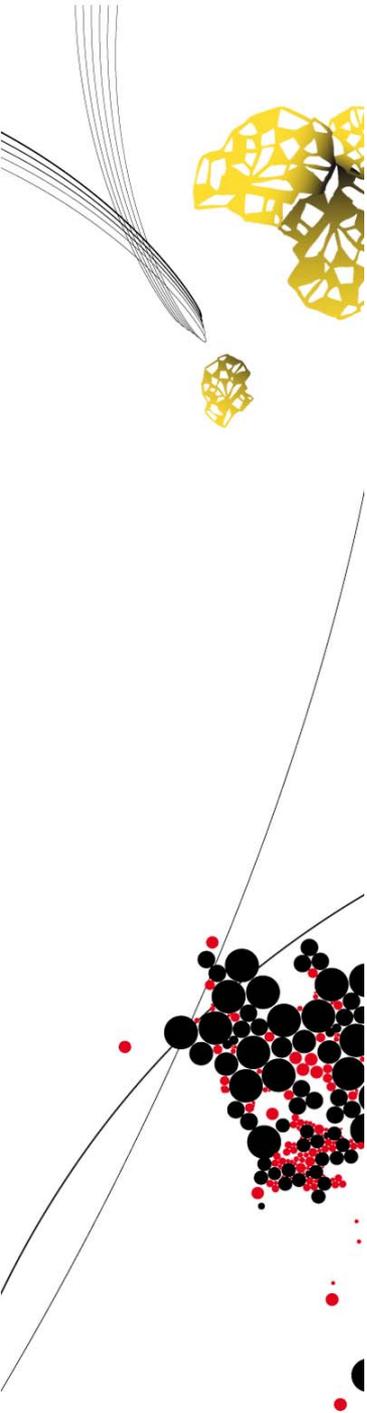




Modell: Workload der Stationen als Function des MSS

> Metrik 4: Patienten im n-ten Tag des Recovery-Prozess

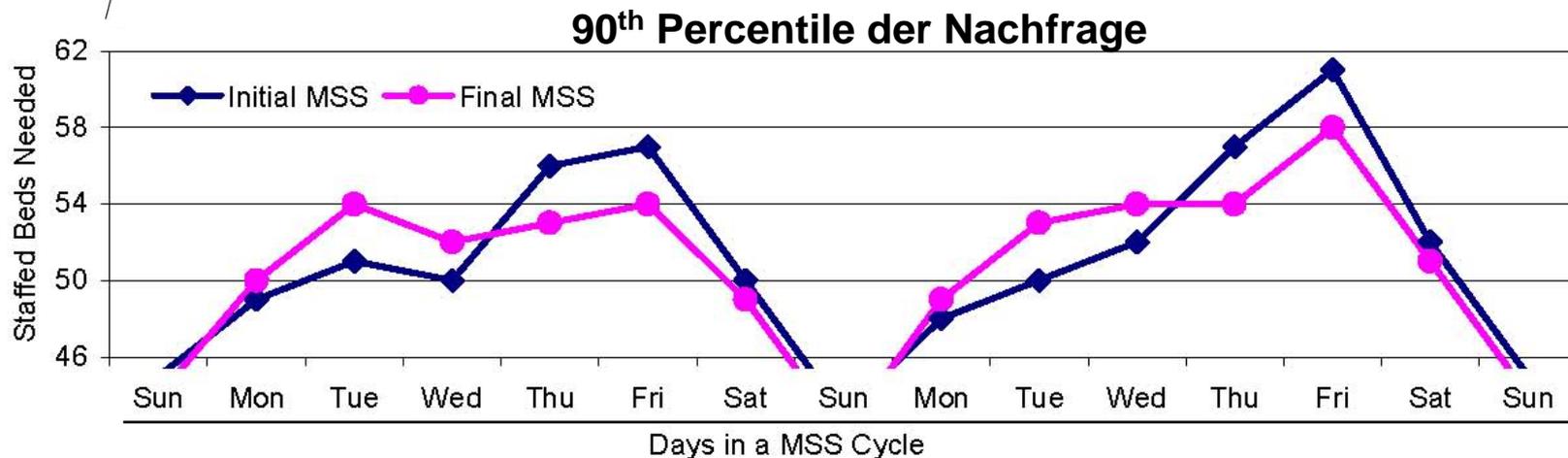
- Gebrauche einen “day of surgery” Index bei den Berechnungen
 - Indiziere mit t und t'
- Nutzen diese Metrik
 - Für einige spezielle Patientengruppen finden bestimmte recovery “Aktivitäten” an genau bestimmten Tagen statt
 - Beispiel: Die Mehrheit der Patienten, die an Lungenkrebs operiert werden, werden am 8. Tag entlassen und an allen Tagen sind spezielle Aktivitäten geplant.



Anwendung

- Evaluationsmodel, kein Optimierungsmodel
- Manueller Prozess
 - Personal vom OP hat einen MSS vorgeschlagen
 - Das Model hat diesen MSS ausgewertet
 - Personal von OP und den Stationen hat den Vorschlag diskutiert und Vorschläge zur Modifikation des MSS gemacht
 - Dies wurde wiederholt, bis alle dem MSS zustimmten
- Vorteile des Manuellen Prozess
 - Ermöglichte ein "user buy-in"
 - Personal von beiden Gruppen bekamen eine Intuition welchen Einfluss eine Änderung der Zuweisung von Specialties an OR Blöcken auf die Stationen hat
 - Beginnende Einsicht über den Impact von OR constraints

Beispiel Resultat

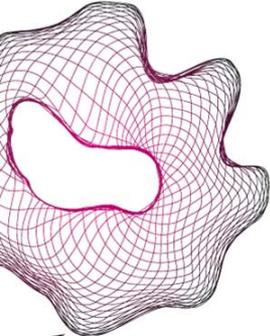


Initial MSS

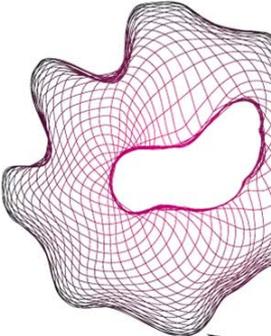
- 1/10 Tag benötigte 61 staffed beds
- 4/10 Tag benötigten > 54 staffed beds
- 2/10 Tag benötigten < 50 staffed beds
- Die anderen Tage benötigten zwischen 50 & 54

Final MSS

- 1/10 Tag benötigte 58 staffed beds
- 9/10 Tag benötigten zw. 50 & 54
- Zur Zeit wird diskutiert die Schedules der Ärzte anzupassen um den Peak in der 2. Woche zu eliminieren



UNIVERSITY OF TWENTE.



Fragen?

J.I.hurink@utwente.nl



UNIVERSITY OF TWENTE.

