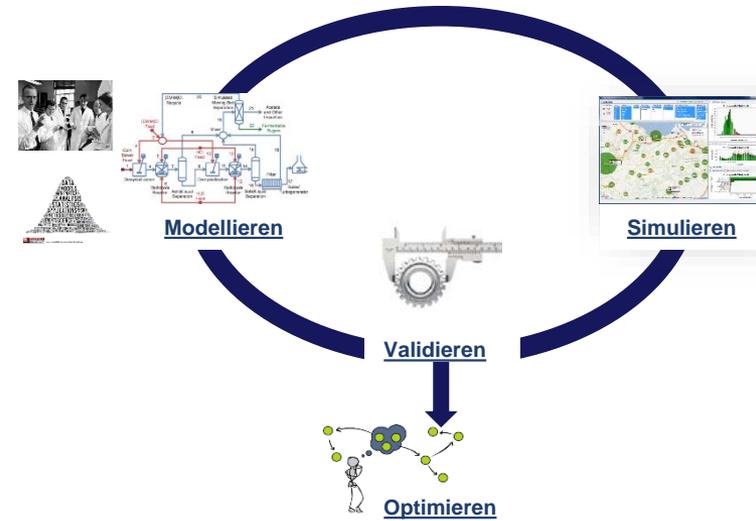


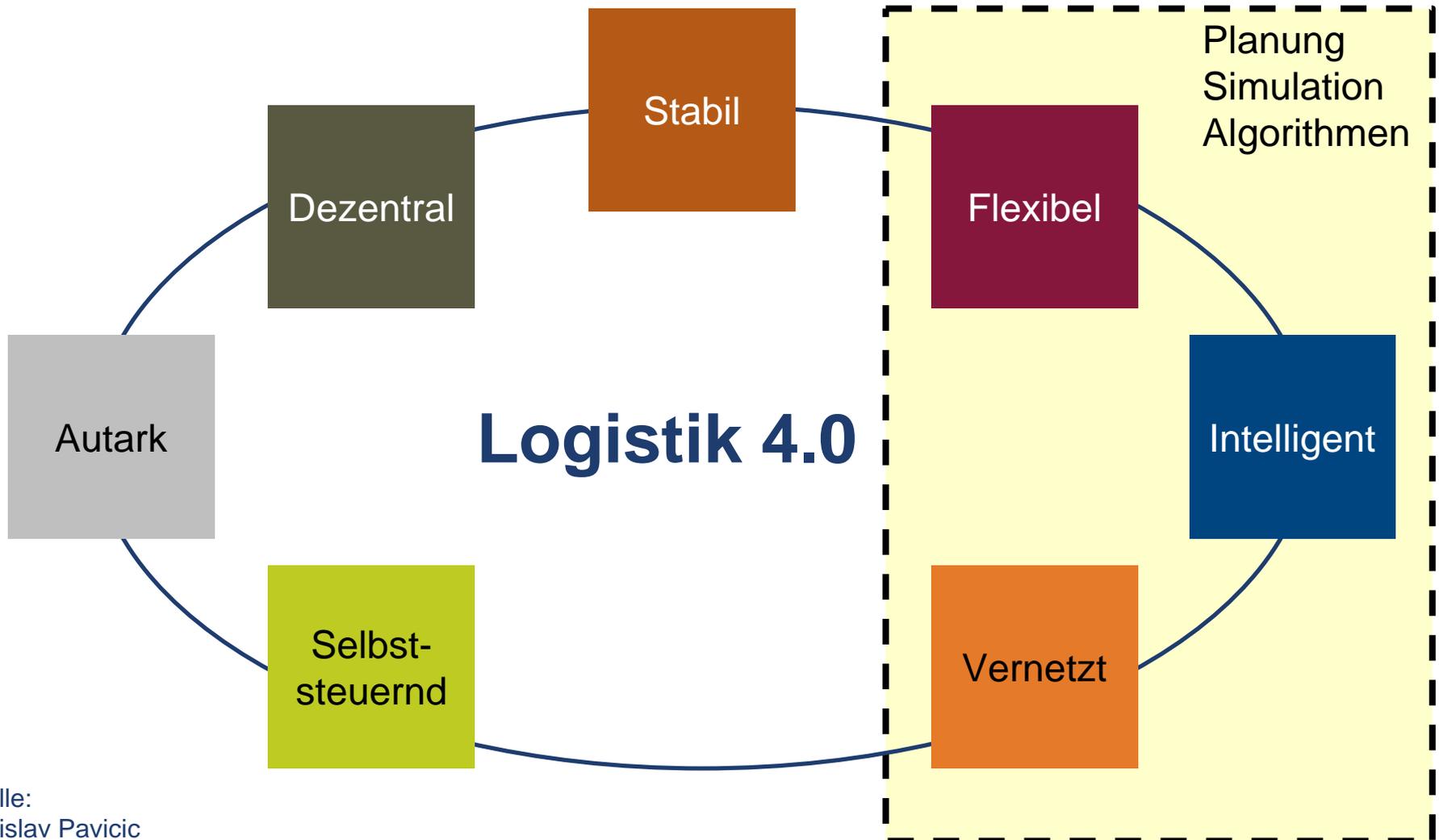
Institut für Modellbildung und Simulation IMS-FHS

Entscheidungsunterstützung bei strategischen, taktischen und operativen Planungsaufgaben mittels Simulation



Prof. Dr. Harold Tiemessen
02. November 2017, Schaffhausen

Charakteristika einer Industrie bzw. Logistik 4.0



Quelle:
Tomislav Pavicic
Ostschweizer Technology Symposium 2016

Erfolgsgeschichte

Herning (Dänemark), 18.02.2016, Europa League



2

:

1

Misserfolg

Automatische Erkennung von Panzern im Wald, Pentagon (USA), 1980s

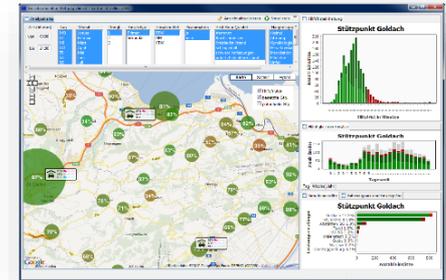


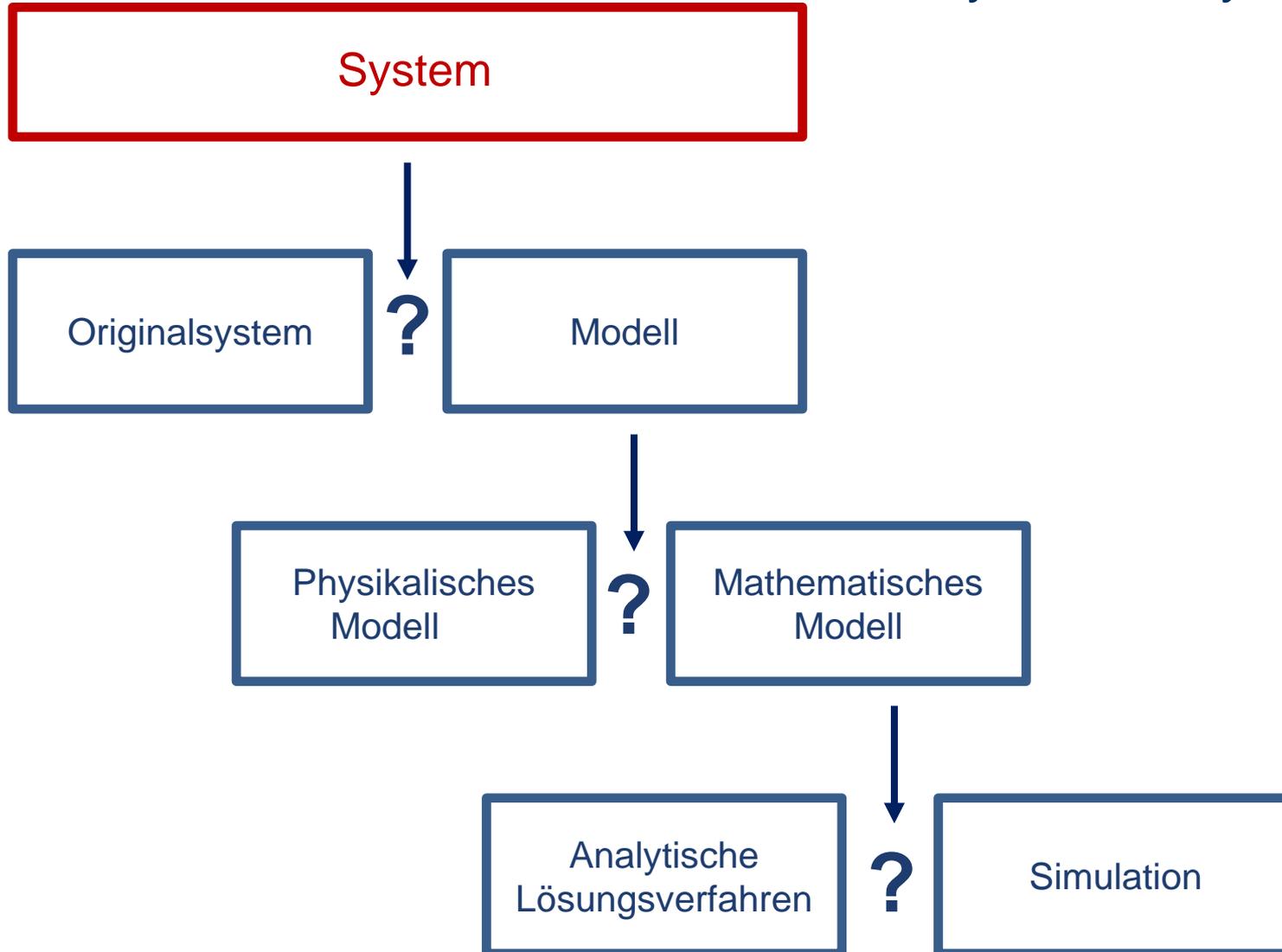
Simulator: Flugsimulator, Schiess-Simulator, ...

Duden: Simulieren: vorgeben, sich verstellen, übungshalber im Simulator nachahmen

Simulant: jemand, der eine Krankheit vortäuscht

VDI 3633: Simulation ist die Nachbildung eines dynamischen Prozesses in einem Modell, um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind.







Lagerhaltung

- Berechnung von Sicherheitsbeständen für Ersatzteile

Standortoptimierung

- Rettungsfahrzeuge im Kanton St. Gallen



Ressourcendimensionierung

- Design Coop Distributionszentrum
- Design Notfallabteilung Inselspital Bern
- Design Produktions- und Lagerhallen



Genossenschaft Migros Ostschweiz



Ressourceneinsatzplanung

- Ersatzteildisposition IBM Europa
- Ressourcenplanung im OP Bereich
- Tourenplanung im Stückguttransport



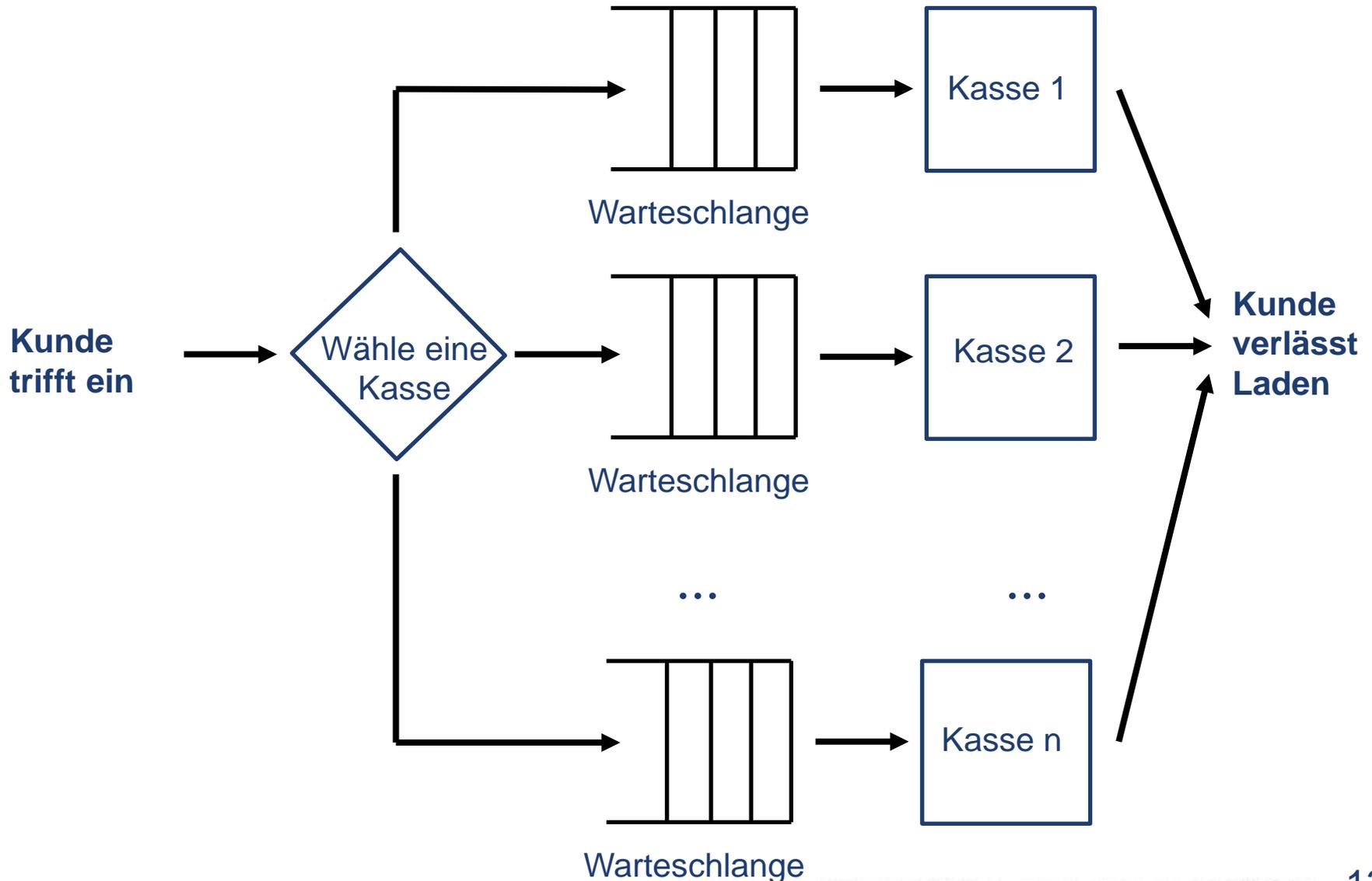
Vorteile

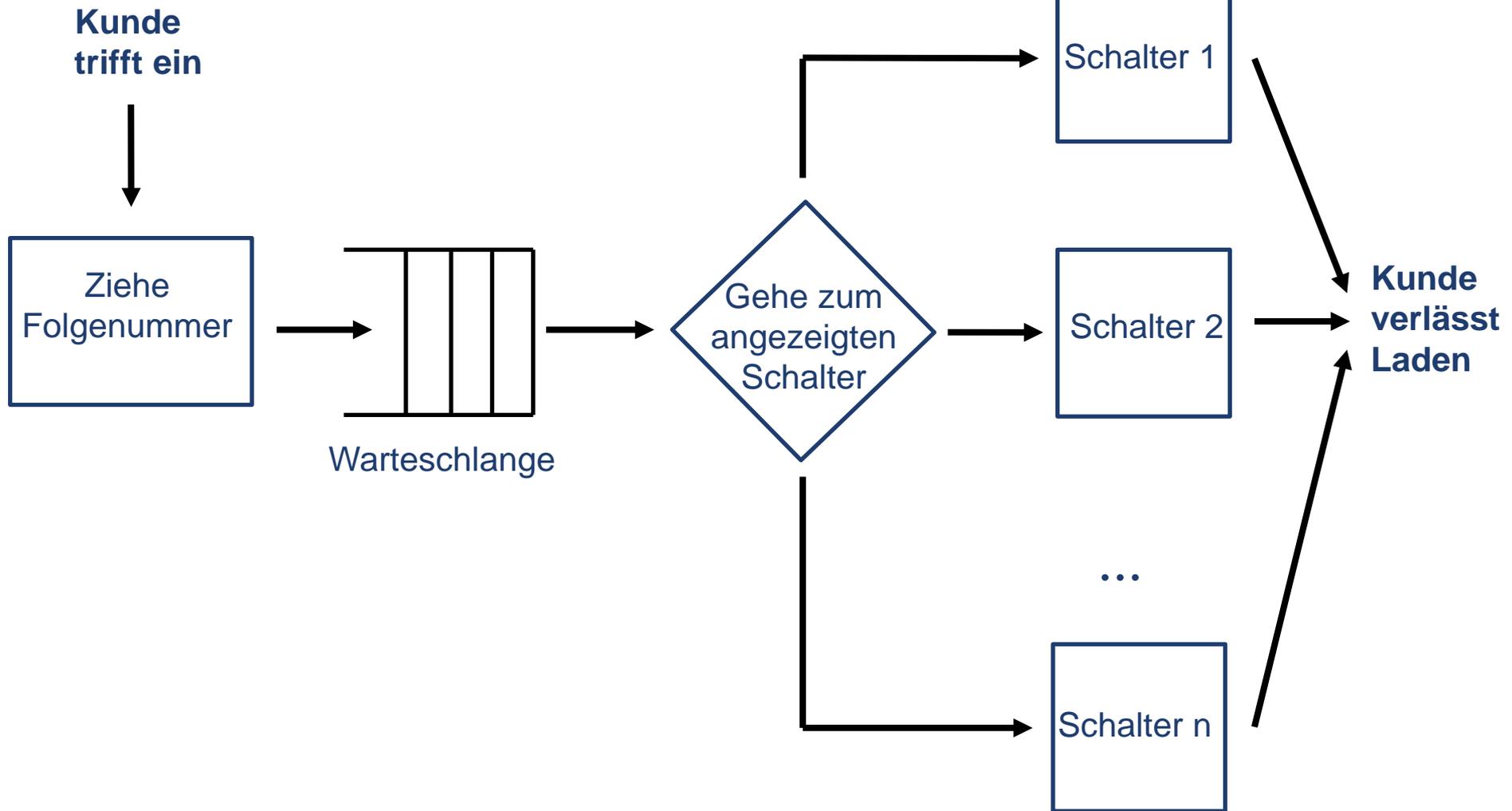
- Kostengünstiges und sicheres Experimentierfeld
- Ermöglicht Analyse komplexer Systeme durch hohen Detaillierungsgrad
- Ermöglicht Animation und steigert somit Systemverständnis

Nachteile

- Erfordert einen hohen initialen Zeitaufwand
- Bau eines Simulationsmodells ist relativ fehleranfällig
- Interpretation der Analysedaten ist anspruchsvoll
- ~~Hoher Rechenaufwand (immer weniger relevant)~~

Supermarkt







(t_1, e_x)
 (t_2, e_x)
 (t_3, e_y)
...

Finde nächstes
Ereignis

Future Event List

Erhöhe
Sim-Zeit

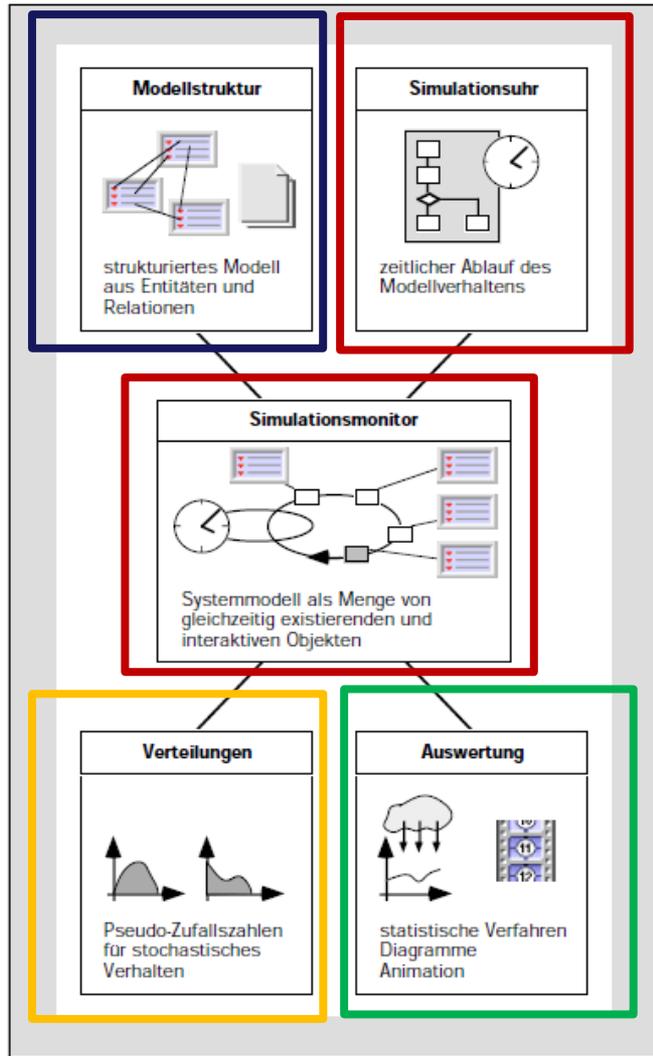
Führe vorgeschriebene
Aktionen aus

Erzeuge neue
Ereignisse

Aktualisiere
Kennzahlen

Quelle:
 Einführung in die Simulationstechnik
 Warschat & Wagner, Universität Stuttgart

Aufbau eines Simulators



Fluss- und Ereignisdiagramme

Simulationskern

Modellierung von stochastischen Prozessen

Ergebnisanalyse

Modellierung von stochastischen Prozessen

Die grössten Gefahren im Umgang mit Daten

- Zu wenig Datenmaterial
- Nicht-repräsentative Vergangenheitsdaten
- Unberücksichtigte Ausreisser
- Unerkannte Zeitmuster (Sommer / Winter, Mo-Fr versus Sa-So)
- Hinweis: Daten immer zuerst graphisch darstellen !!
- Falsche Interpretation des vorhandenen Datenmaterials

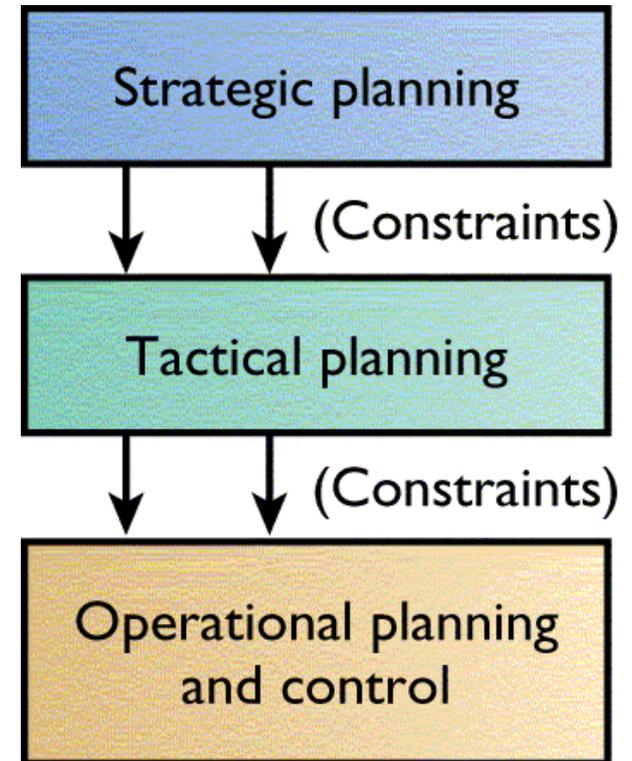


Praxisbeispiele aus der hierarchischen Planung

Hierarchische Planung im Operations Management

Operations Management Entscheidungen

- **Strategische (langfristig)**
u.a. Ressourcendimensionierung /
Kapazitätsplanung, Standortoptimierung
- **Taktisch (mittelfristig)**
u.a. Personalplanung, Anreizsysteme,
- **Operative Planung und Steuerung**
u.a. Echtzeit-Ressourcendisposition,
Scheduling

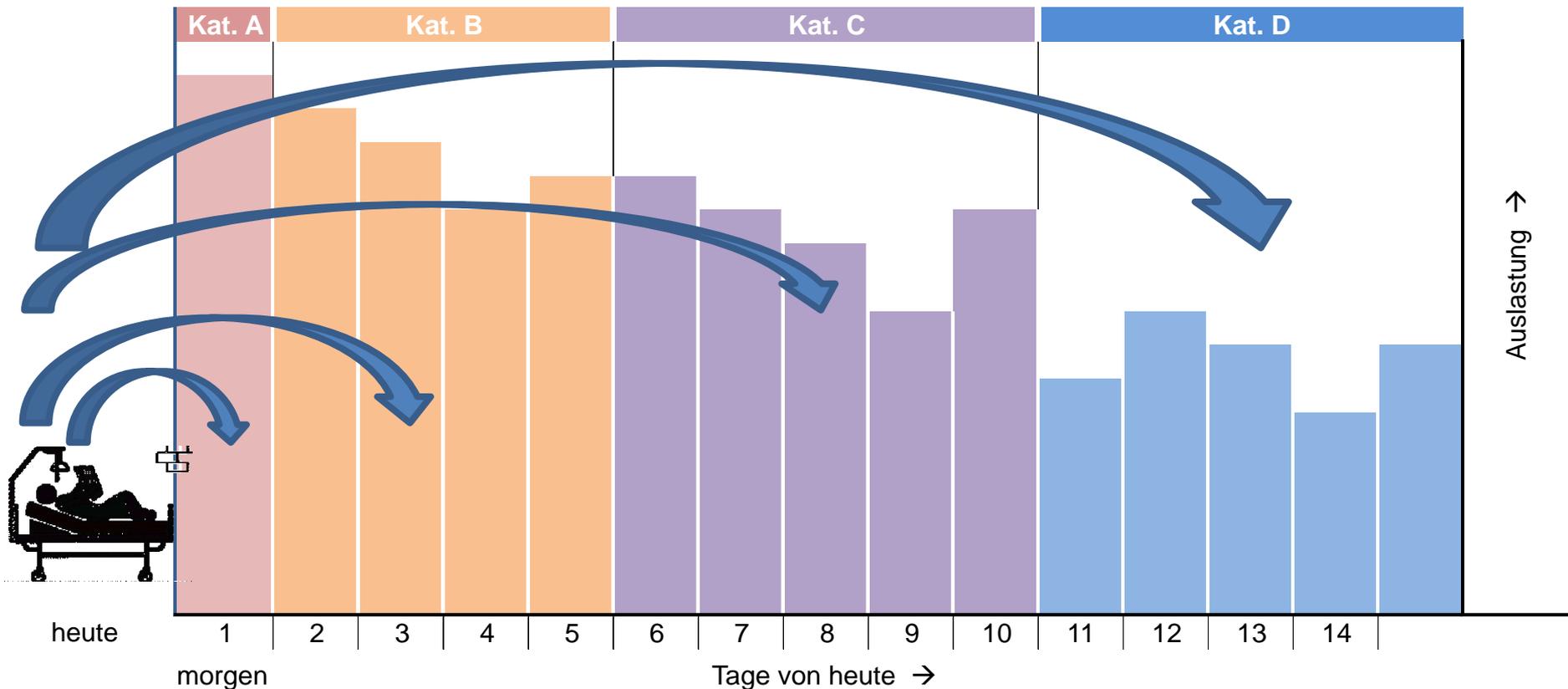


Praxisbeispiel

Ressourcenplanung im OP Bereich

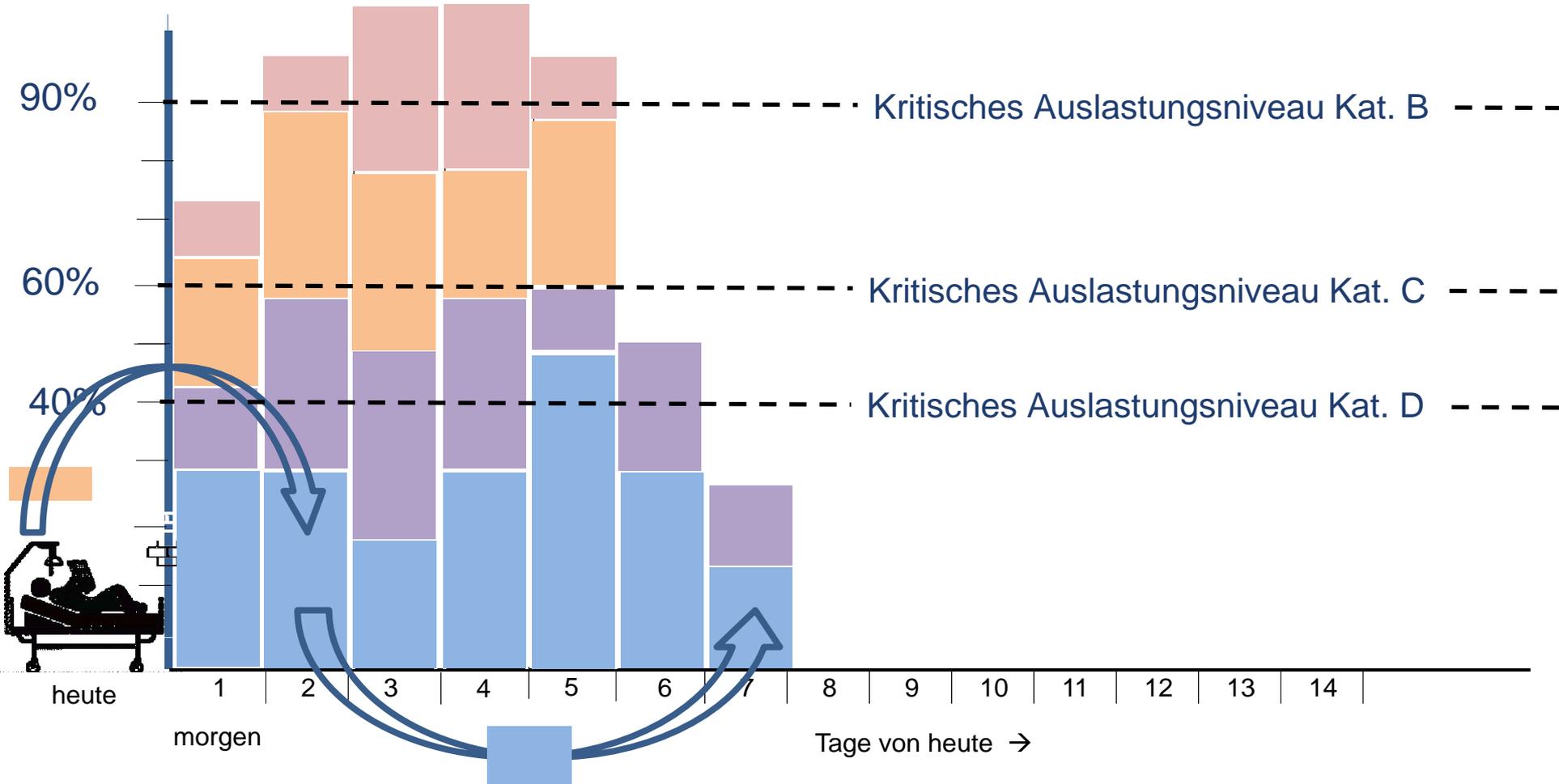
Zuweisungsregel

4 Patientenkategorien auf Basis von Dringlichkeit



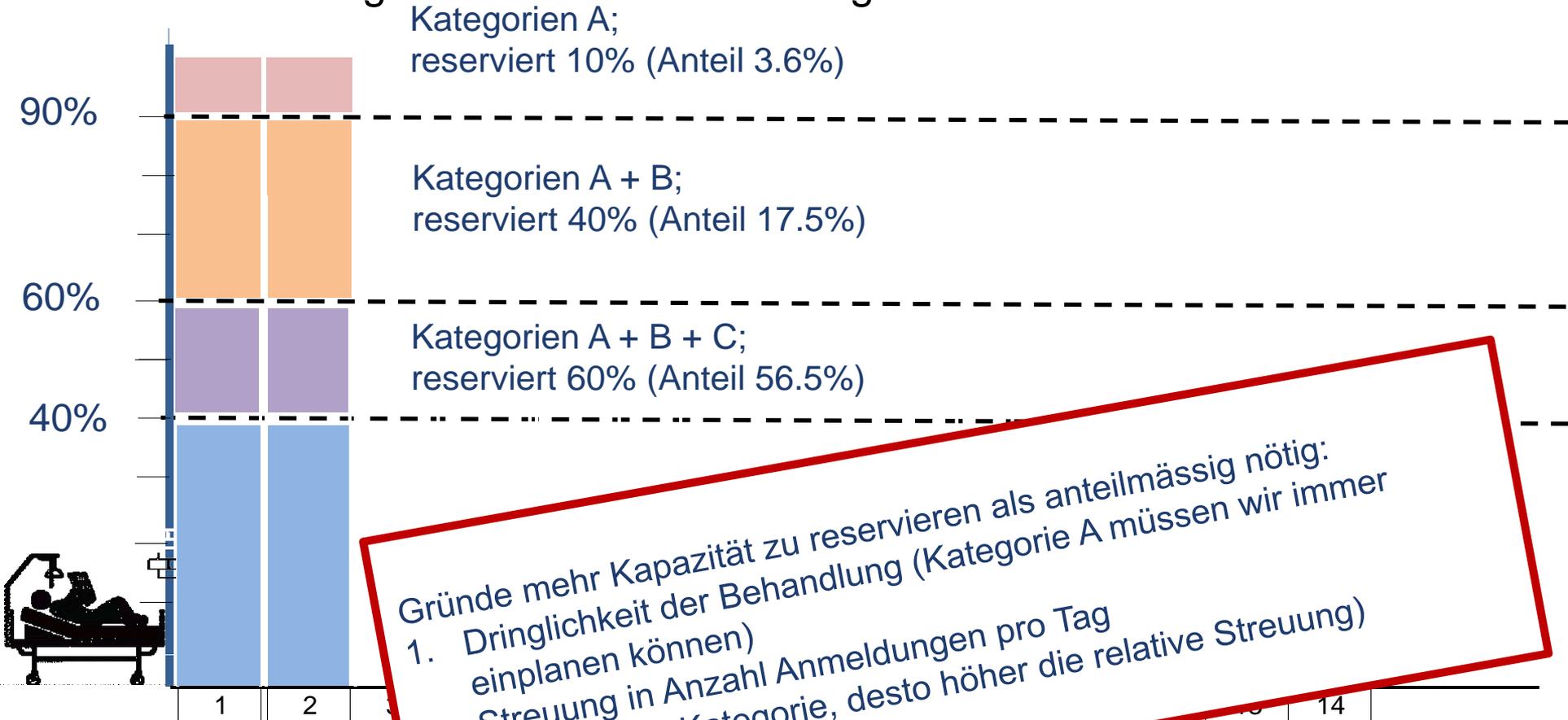
Zuweisungsregel

4 Patientenkategorien auf Basis von Dringlichkeit



Zuweisungsregel

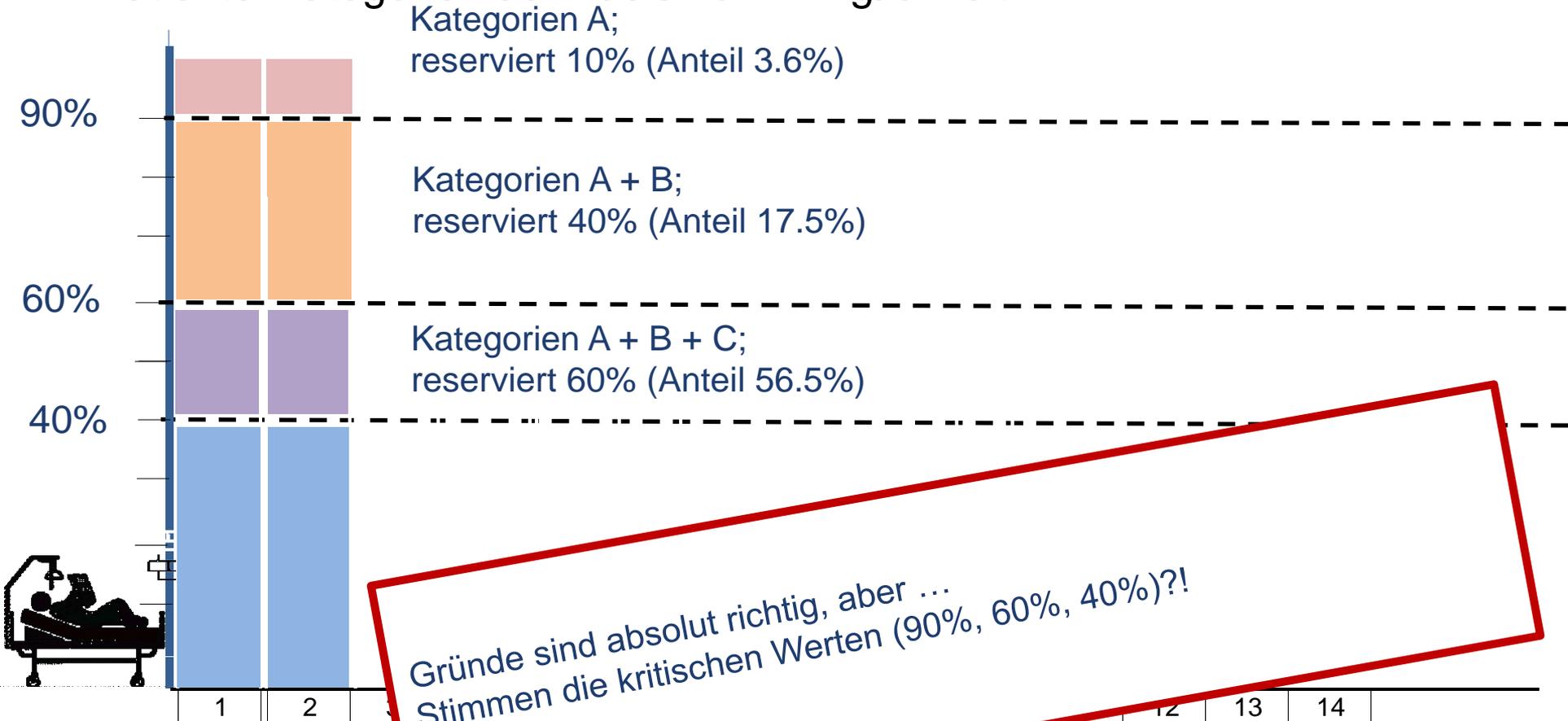
4 Patientenkategorien auf Basis von Dringlichkeit



- Gründe mehr Kapazität zu reservieren als anteilmässig nötig:
1. Dringlichkeit der Behandlung (Kategorie A müssen wir immer einplanen können)
 2. Streuung in Anzahl Anmeldungen pro Tag (je kleiner die Kategorie, desto höher die relative Streuung)

Zuweisungsregel

4 Patientenkategorien auf Basis von Dringlichkeit



Simulationsexperimente

Anzahl Anästhesisten	Kritische Werte (Kat. B / Kat. C / Kat. D)			Anzahl Verschiebungen	Ø Wartezeit			
	A	B	C		D			
4	90%	60%	40%	Stetig wachsend (instabiles System)	Stetig wachsend (instabiles System)			

System ist instabil:

Mit der gegebenen Zuweisungsregel wächst die Anzahl Terminverschiebungen und die Wartezeit ins Unendliche.

Simulationsexperimente

Anzahl Anästhesisten	Kritische Werte (Kat. B / Kat. C / Kat. D)			Anzahl Verschiebungen	Ø Wartezeit			
	A	B	C		D			
4	90%	60%	40%	Stetig wachsend (instabiles System)	Stetig wachsend (instabiles System)			
5	90%	60%	40%	0	1.0	2.0	6.4	11.1

Mit der gleichen Zuweisungsregel aber nun 5 Anästhesisten ist das System stabil.

Simulationsexperimente

Anzahl Anästhesisten	Kritische Werte (Kat. B / Kat. C / Kat. D)			Anzahl Verschiebungen	Ø Wartezeit			
	A	B	C		D			
4	90%	60%	40%	Stetig wachsend (instabiles System)	Stetig wachsend (instabiles System)			
5	90%	60%	40%	0	1.0	2.0	6.4	11.1
4	90%	70%	40%	4	1.0	2.1	7.1	11.4

Wenn wir allerdings die Zuweisungsregel anpassen / verbessern, kriegen wir mit 4 Anästhesisten aber auch sehr gute Ergebnisse !

Praxisbeispiel

Reparierbare Systeme

Reparierbare Systeme



Systembeschreibung

Wir betrachten komplexe technische Systeme wie z.B. Atomkraftwerke, Bohrinseln, Flugzeuge, Raketen oder Seebagger. Solche Systeme werden aus vielen kritischen, oft sehr teuren Bauteilen zusammengesetzt.

Da System Stillstände enorme Kosten verursachen, müssen kritische Komponenten bei einem Ausfall möglichst schnell ausgetauscht werden können. Das ist nur möglich mit Hilfe von Lagerhaltung.

Wenn eine kritische Komponente ausfällt, fliegt ein Hubschrauber mit einem funktionsfähigen Teil aus dem Lager zur Bohrinselform und bringt das defekte Teil zur Reparatur in eine Werkstatt auf dem Festland.

Annahmen

- a) Jeder Komponente Ausfall führt zum Ausfall des gesamten Systems
- b) Ersatzteile und Systeme werden in einer einzigen Charge hergestellt
- c) Fehlerhafte Teile können immer repariert werden (und funktionieren anschliessend wieder wie neu)
- d) Es können nicht mehrere Teile gleichzeitig repariert werden!
Dies bedeutet dass die Reparaturwerkstatt als Warteschlangen-System mit einem einzigen Schalter modelliert werden kann.
- e) Transportzeiten (Bohrinsel, Lager, Werkstatt) sind vernachlässigbar



Reparierbare Systeme



Bauteil in
operativem Einsatz
auf der Bohrinself

Bauteil ist einsatz-
bereit und befindet
sich im Lager

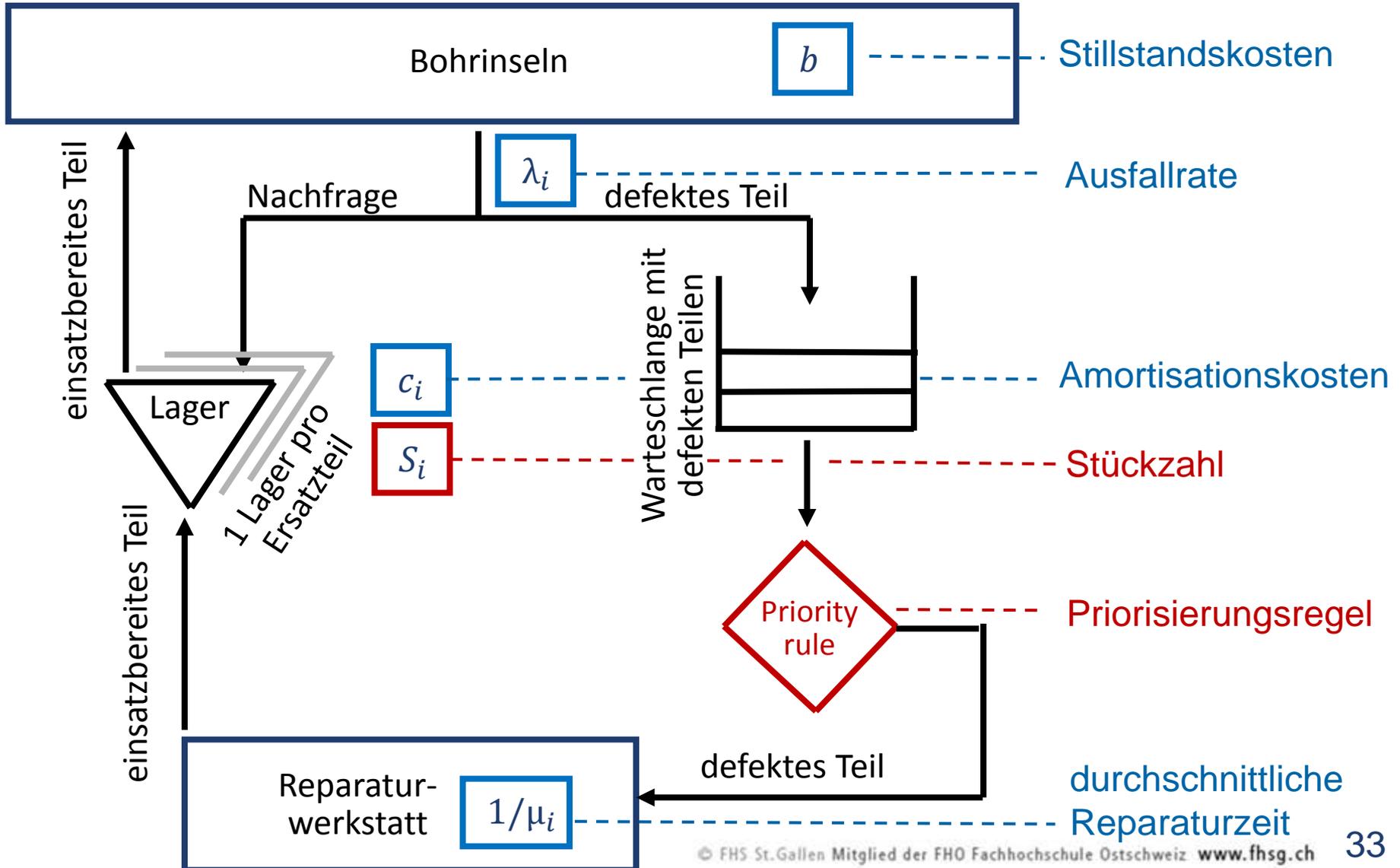


«Rotating Stock»

Bauteil ist kaputt
und befindet sich
in der Werkstatt



Reparierbare Systeme



Zielfunktion

Minimierung der Summe der durchschnittlichen jährlichen Stillstands-, Amortisierungs-, und Lagerhaltungskosten.

Strategische Entscheidung

Wie viele Items beschaffen wir zum Zeitpunkt $t = 0$?

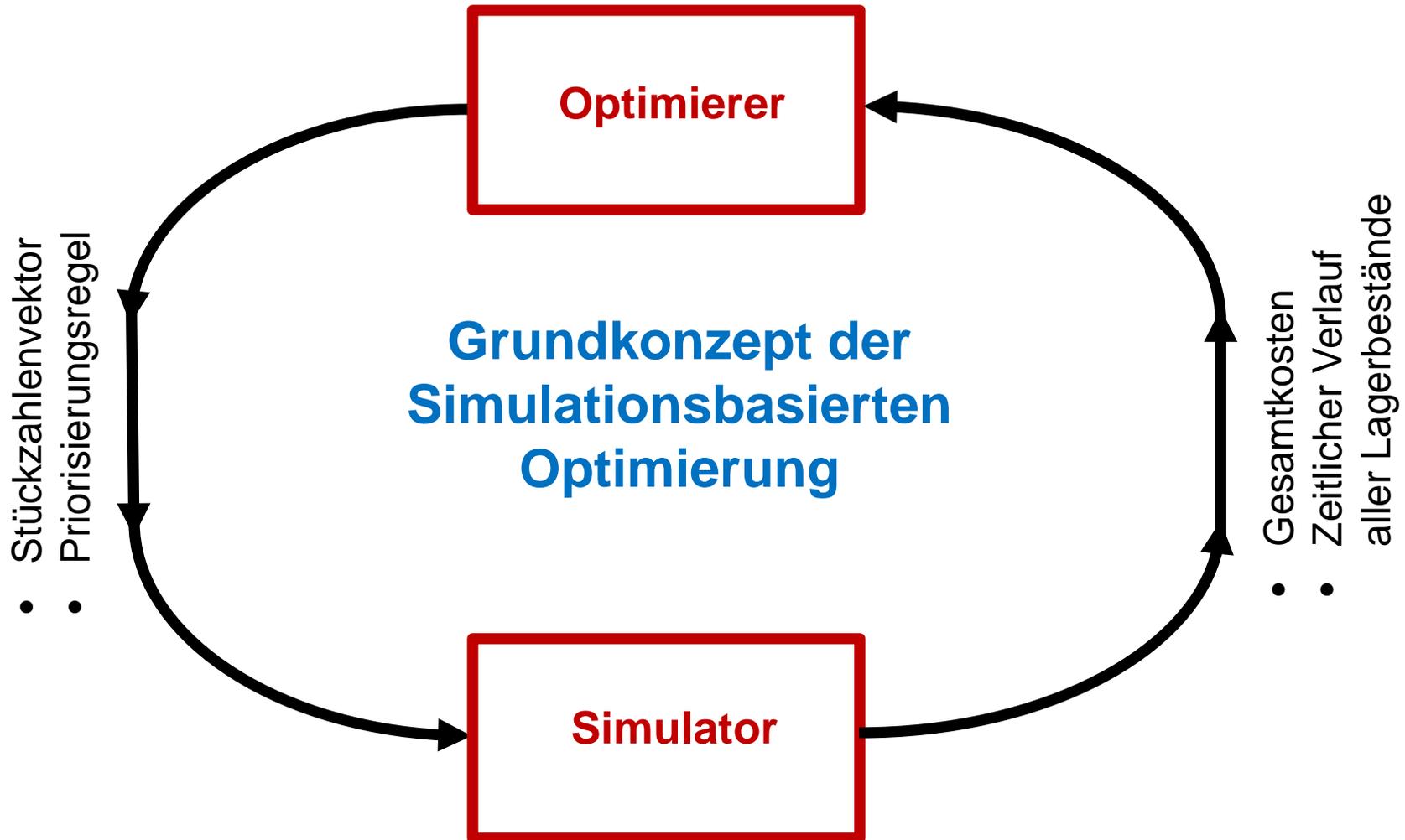
Operative Entscheidung

Wie priorisieren wir die Reparaturarbeiten in der Werkstatt?

Lösungsweg

1. Entwickle ein Simulationsmodell, das für einen gegebenen Stückzahlenvektor und eine gegebene Priorisierungsregel die durchschnittlichen jährlichen Gesamtkosten sowie den zeitlichen Verlauf der Lagerbestände ermittelt.
2. Entwickle durch Experimentieren mit dem Simulator eine geeignete Priorisierungsregel für die Reparaturwerkstatt.
3. Entwickle ein simulationsbasiertes Optimierungsverfahren nach folgendem iterativen Konzept (siehe nächste Folie).

Simulationsbasierte Optimierung



Anmerkungen

- Die FCFS Strategie ist normalerweise schwach:
Ein einfache qualitative Einsicht besagt, dass Teile deren Bestand in naher Zukunft zu Neige geht, hoch priorisiert werden sollten. FCFS berücksichtigt dies nicht.
- Die angewendete Methode zur Priorisierung von Reparaturen hat einen starken Einfluss, welche Stückzahlenvektoren **S** zu guten Resultaten führen.

Priorisierungsregeln (Auszug)

- **FCFS (Sortierung nach Eintreffzeitpunkt)**
Repariere den Teil der schon am längsten wartet.
- **Statische Prioritäten:**
Der teurere Teil erhält immer Priorität über den günstigeren Teil.
Unterliegende Idee: wenn wir teure Teile in der Reparaturplanung immer favorisieren über günstigere Teile, brauchen wir weniger davon.
Wir brauchen zwar einen höheren Vorrat an günstigeren Teilen aber da sie ja günstig sind ist das nicht wirklich schlimm.
- **Minimale Abdeckung (eng. "min coverage")**
Repariere den Teil wofür der aktuelle Vorrat am kürzesten ausreicht.

**Intelligente operative Planung ermöglicht
geringere Hardware Investitionen auf der strategischen Ebene**

Iteratives Verfahren zur Bestimmung von S^*

Schritt 1a: Entwerfe intelligente Priorisierungsregel Ω

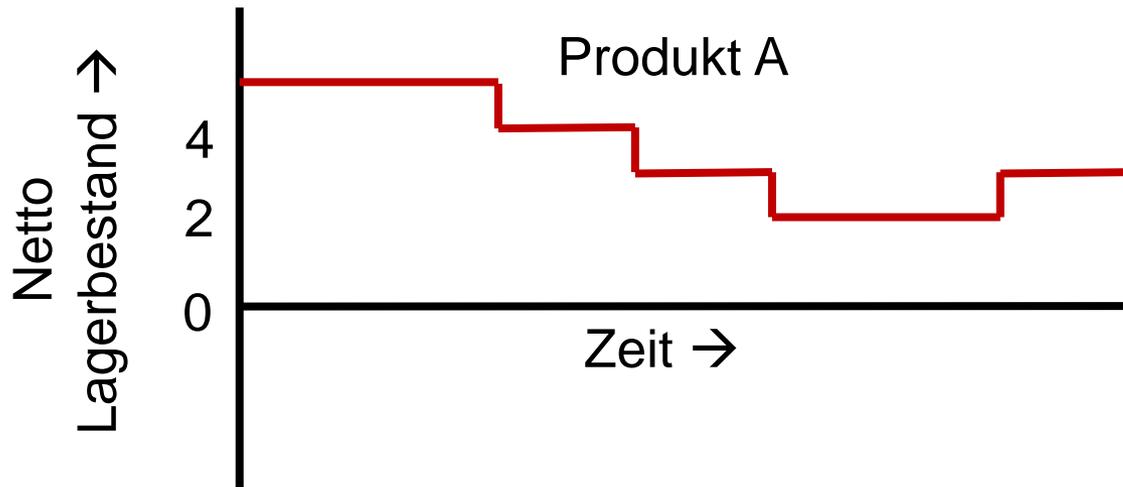
Schritt 1b: Setze Iterationszahl $n = 0$ und initialisiere $S^n = \mathbf{0}$

Schritt 2a: Simuliere das System unter Verwendung von Ω und S^n .
Speichere die relativen Häufigkeiten der defekten Teile i , $f_i(k)$, $k \geq 0$.

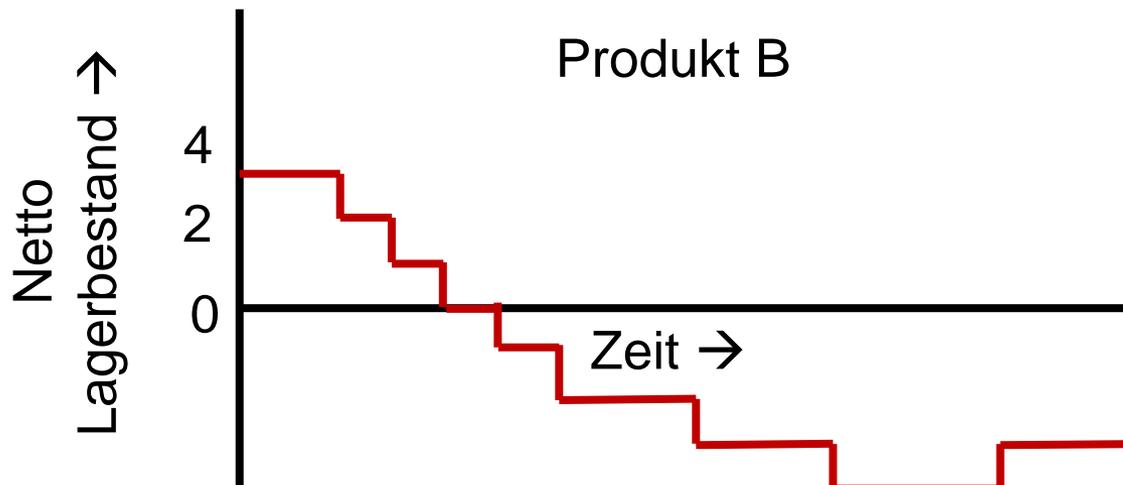
Schritt 2b: Berechne $S^{n+1} = F_i^{-1}\left(\frac{b-c_i}{b}\right)$

Schritt 2c: Beende die Iteration, wenn $S^{n+1} = S^n$. Andernfalls setze $n = n + 1$ und gehe zu Schritt 2a.

Simulationsbasierte Optimierung



Stückzahl Ersatzteil A können wir gefahrlos um 2 reduzieren.



Stückzahl Ersatzteil B müssten wir erhöhen, aber um wie viele Einheiten?

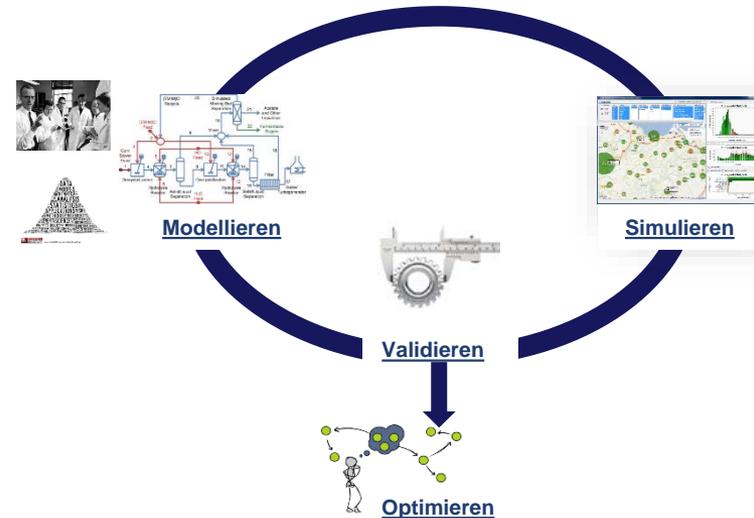
Optimierer (Mathe) berechnet einen erfolgsversprechenden Vorschlag, Simulator validiert.

Entscheidungsunterstützung bei strategischen, taktischen und operativen Planungsaufgaben mittels Simulation

Fazit

- Flexibilisierung, Digitalisierung, Vernetzung, erhöhte Kundenansprüche führen zu Verschiebung von "Planung" zu "Beobachten und Reagieren".
- Simulation (insbesondere diskrete Ereignissimulation) wird immer mehr an Bedeutung gewinnen. Analytische Modelle und Methoden greifen oft zu kurz.
- Integrierte Optimierung von strategischen, taktischen und operativen Entscheidungen kann zu erheblichen Effizienzsteigerungen beitragen.
- Umgang mit Daten wird ein wichtiges Thema bleiben und immer wird auch immer wieder zu falschen Entscheidungen führen.

Herzlichen Dank !



FHS St.Gallen

Institut für Modellbildung und Simulation IMS-FHS

Rosenbergstrasse 59, 9000 St.Gallen

ims@fhsg.ch

www.fhsg.ch/ims