Karlsruhe Institute of Technology

Karlsruhe Service Research Institute

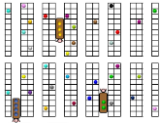
Eine landeseinheitliche Planungsmethodik im Rettungsdienst in Baden-Württemberg

Sven Watzinger, Stefan Nickel, 28.02.2023

Forschungsgebiete

Intralogistik und Produktion

- Materialfluss
- Produktionsplanung
- Zuschnitt- und Packplanung

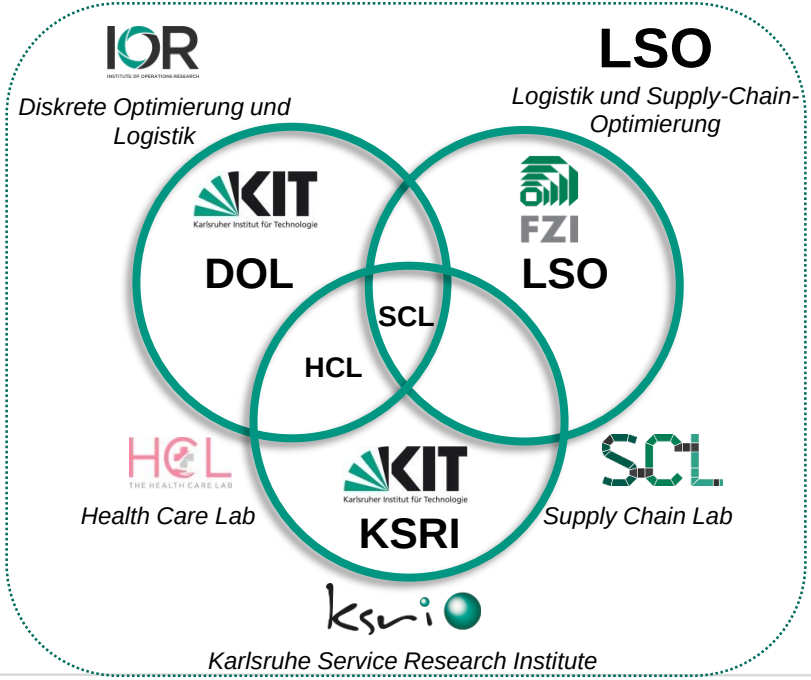


Transport und Mobilität

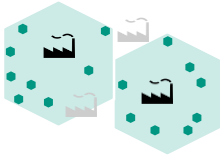
- Mobility as a Service
- Tourenplanung
- Urban Logistics
- Last Mile Delivery
- Luftfracht

Health Care Logistics

- Rettungsdienst
- Terminplanung / Scheduling
- Ambulante Pflege
- Krankenhausplanung



Supply Chain Analytics

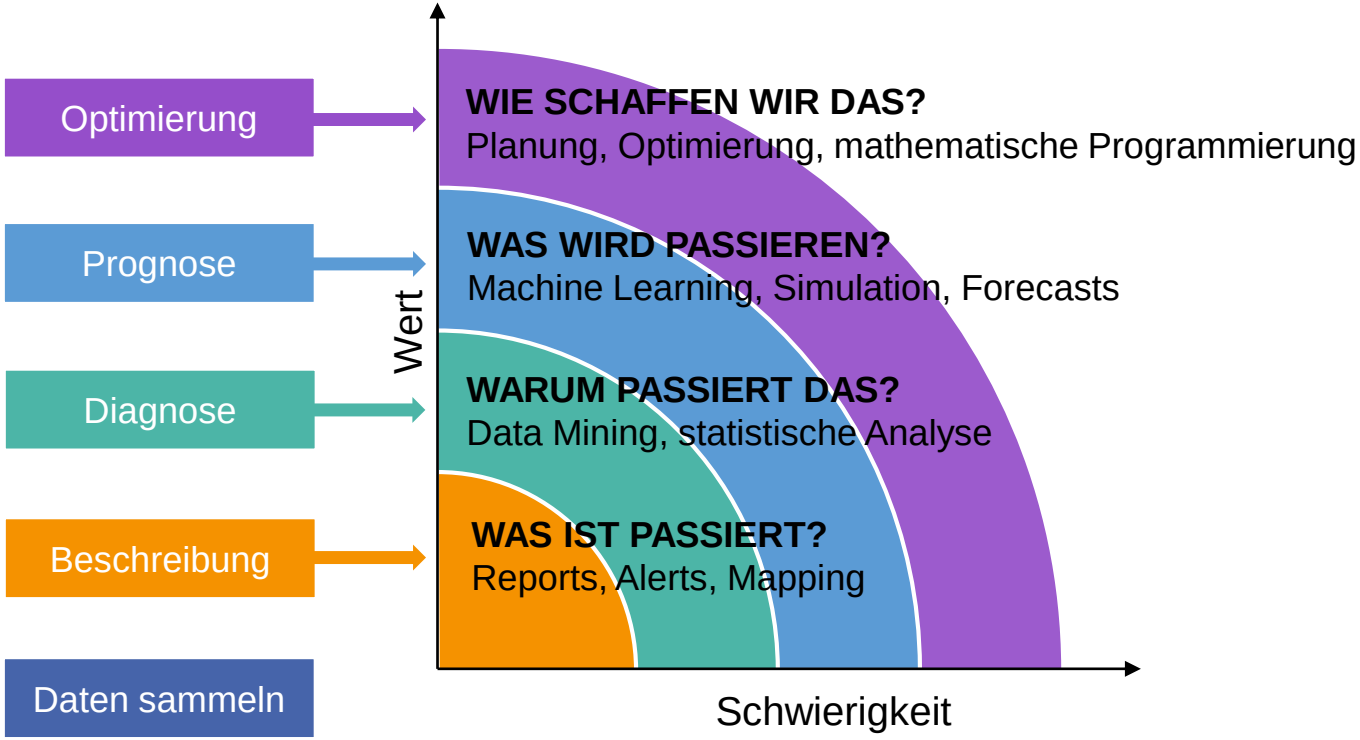


- Logistics Systems Design
- Supply Chain Configuration
- Produktallokation
- Risiko und Unsicherheit
- Servicegebietsplanung

Next Generation Logistics

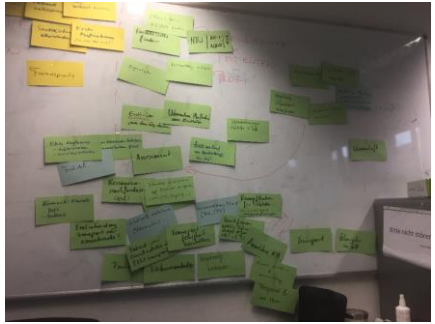
- Autonome Logistik
- Drohnen / Roboter
- Industrie/Logistik 4.0
- Echtzeit-Logistik / IoT
- Vision-enhanced Logistics

Wichtige Aktivitäten in Analytics



[ISCI, Opalytics 2018]

Digitale Rettungskette



[Fath 2018]

EVRALOG-BW – Übersicht

Entwicklung und Validierung von Planungskriterien für rettungsdienstlich relevante Strukturen als Grundlage für eine landeseinheitliche Planungsmethodik im Rettungsdienst in Baden-Württemberg unter besonderer Berücksichtigung logistischer Aspekte

Karlsruhe Institute of Technology

Problemstellung

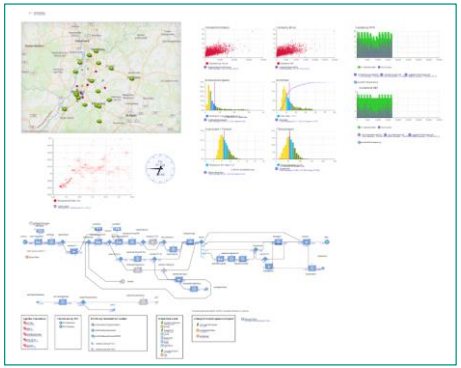
- Hilfsfrist als maßgebliches Planungskriterium in Diskussion
- Historisch gewachsene Standorte und reaktive Anpassungen
- Hohe logistische Komplexität

Lösungsansatz

- Entwicklung ergänzender Planungskriterien
- Validierung der Kriterien mittels Simulation

Ziel

- Berücksichtigung der vielseitigen Anforderungen in den Planungskriterien
- Abschätzung der Auswirkung neuer Planungsstrategien (z.B. für Disposition, Standortwahl, Gebietsabdeckung)



Ministerium des Inneren, für Digitalisierung und Kommunen Baden-Württemberg

SQR-BW

Stelle zur trägerübergreifenden Qualitätssicherung im Rettungsdienst Baden-Württemberg

EVRALOG-BW Übersicht

Planungskriterien

- Entwicklung eines Zielbilds für die logistischen Aspekte der Notfallrettung

Land	Kategorie	Hilfsfrist
England	Kategorie 1	15 min (90% - Perzentil) & 7 min (Durchschnitt)
	Kategorie 2	40 min (90% - Perzentil) & 18 min (Durchschnitt)
	Kategorie 3	120 min (90% - Perzentil)
	Kategorie 4	180 min (90% - Perzentil)
Niederlande	A1	15 min (95% - Perzentil)
	A2	30 min (95% - Perzentil)
Polen	Städte mit >10.000 Einwohnern	8 min (90% - Perzentil)
	Rest des Landes	15 min (90% - Perzentil)

	Strukturqualität		Prozessqualität		
	Diskretisierte Struktur	Planare Struktur	Patientenperspektive	Ressourcenperspektive	
				Auslastung	Verfügbarkeit
Effizienz	(11 | 16)	(4 | 4)	(20 | 114)	(12 | 33)	(9 | 13)
Fairness	(2 | 2)	(0 | 0)	(3 | 11)	(2 | 3)	(0 | 0)

Simulationsmodell

- Forschungswerkzeug zur Validierung der Planungskriterien
- Anbindung an Daten der SQR-BW

Planungskriterien

Land	Kategorie	Hilfsfrist
England	Kategorie 1	15 min (90% - Perzentil) & 7 min (Durchschnitt)
	Kategorie 2	40 min (90% - Perzentil) & 18 min (Durchschnitt)
	Kategorie 3	120 min (90% - Perzentil)
	Kategorie 4	180 min (90% - Perzentil)
Niederlande	A1	15 min (95% - Perzentil)
	A2	30 min (95% - Perzentil)
Polen	Städte mit >10.000 Einwohnern	8 min (90% - Perzentil)
	Rest des Landes	15 min (90% - Perzentil)

	Strukturqualität		Prozessqualität		
	Diskretisierte Struktur	Planare Struktur	Patientenperspektive	Ressourcenperspektive	
				Auslastung	Verfügbarkeit
Effizienz	(11 | 16)	(4 | 4)	(20 | 114)	(12 | 33)	(9 | 13)
Fairness	(2 | 2)	(0 | 0)	(3 | 11)	(2 | 3)	(0 | 0)

Keines der gefundenen Planungskriterien oder Qualitätsindikatoren spiegelt die heterogenen Bedürfnisse der Patienten adäquat wider

Patientensicht

- Qualitätsziele[1]:
  - Überleben sicherstellen
  - Gesundheitlicher Schäden vermeiden und/oder vermindern
  - Schmerzen schnell reduzieren
  - Patientenzufriedenheit sicherstellen

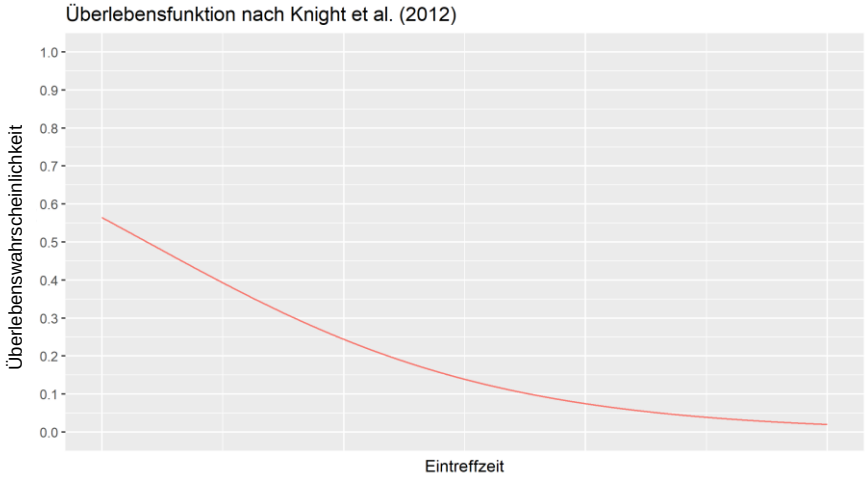
- Aus Qualitätszielen leiten sich Qualitätsindikatoren ab
  - Kurze Eintreffzeit (z.B. bei Herz-Kreislaufstillstand)
  - Kurze Prähospitalzeit (z.B. Schlaganfall)
  - Kurze Eintreffzeit und gleichzeitig kurze Prähospitalzeit (z.B. schwere Traumata)
  - Aus Qualitätszielen lässt sich keine der Zeiten als unmittelbar relevant ableiten, Patient ist aber dennoch als Notfallpatient zu klassifizieren
  - Kein tatsächlicher Notfallpatient

[1] Lechleuthner et al. 2019; US National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA)

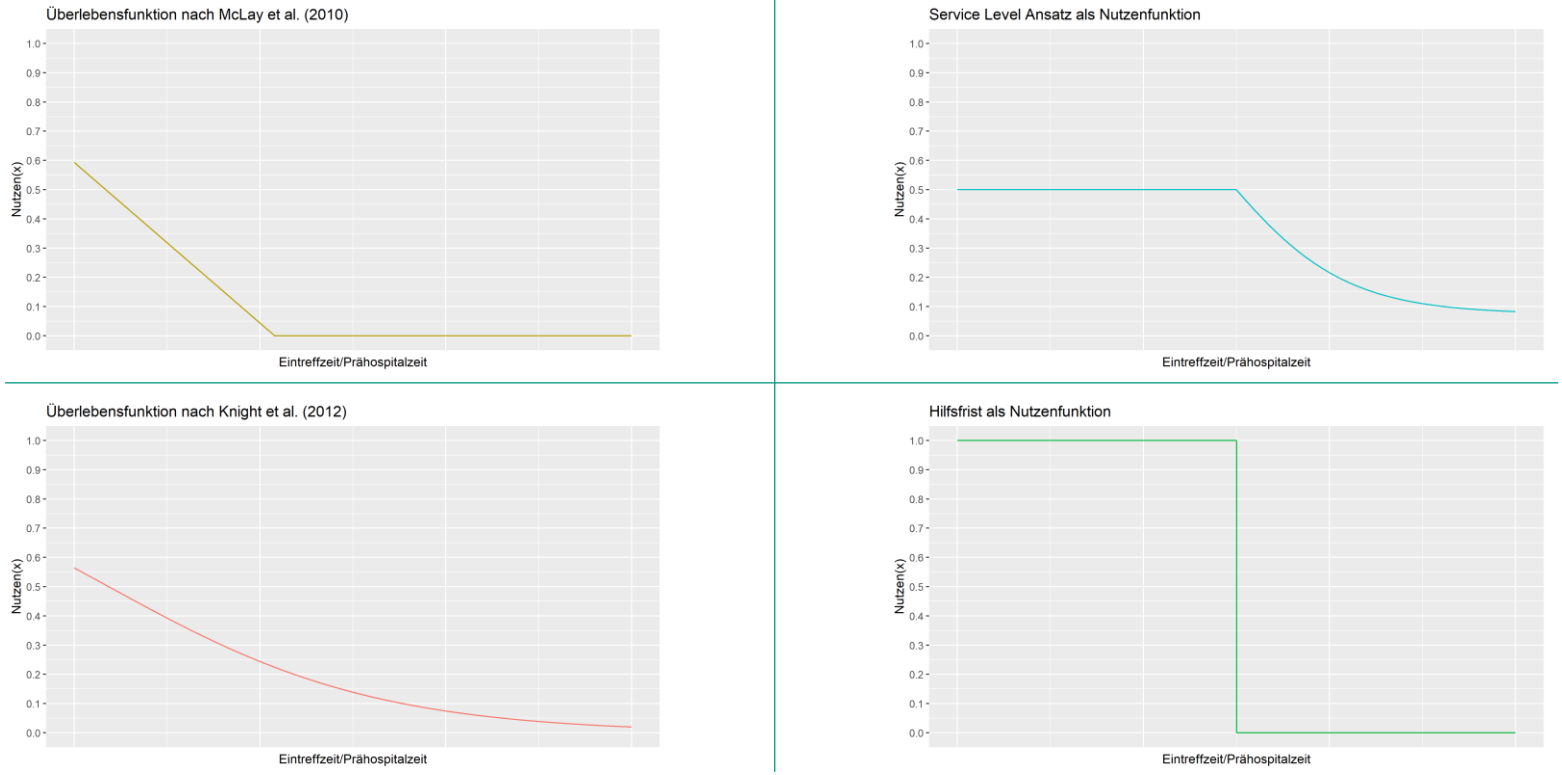
Nutzenfunktionen

Welchen Nutzen hat der Patient von dem, was wir (logistisch) tun?

- Ansatz aus der Literatur: Überlebensfunktionen für Herz-Kreislauf-Stillstand



Schematische Visualisierung möglicher Nutzenfunktionen



Patientenkategorien und Nutzenfunktionen

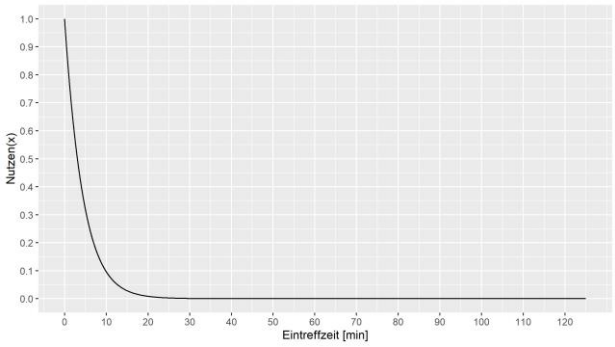
Beispielhafter Steckbrief Patientenkategorie

Kategorie 1

Definition

- **Beschreibung:** Lebensgefahr mit Interventionsmöglichkeit
- **Vorrangiges Qualitätsziel:** Überleben sicherstellen
- **(Abschließende) Therapie am Einsatzort möglich:** Ja
- **Relevanter Zeitabschnitt der Rettungskette:** Eintreffzeit
- **Mindestqualifikation der Besatzung:** Notfallsanitäter mit Notarzt
- **Logistische Anforderung:** Möglichst kurze Eintreffzeit für RTW und NEF

Exemplarische Nutzenfunktion



Exemplarische Indikationen

Herz-Kreislauf-Stillstand, schwere Traumata…

EVRALOG-BW Übersicht

Planungskriterien

- Entwicklung eines Zielbilds für die logistischen Aspekte der Notfallrettung

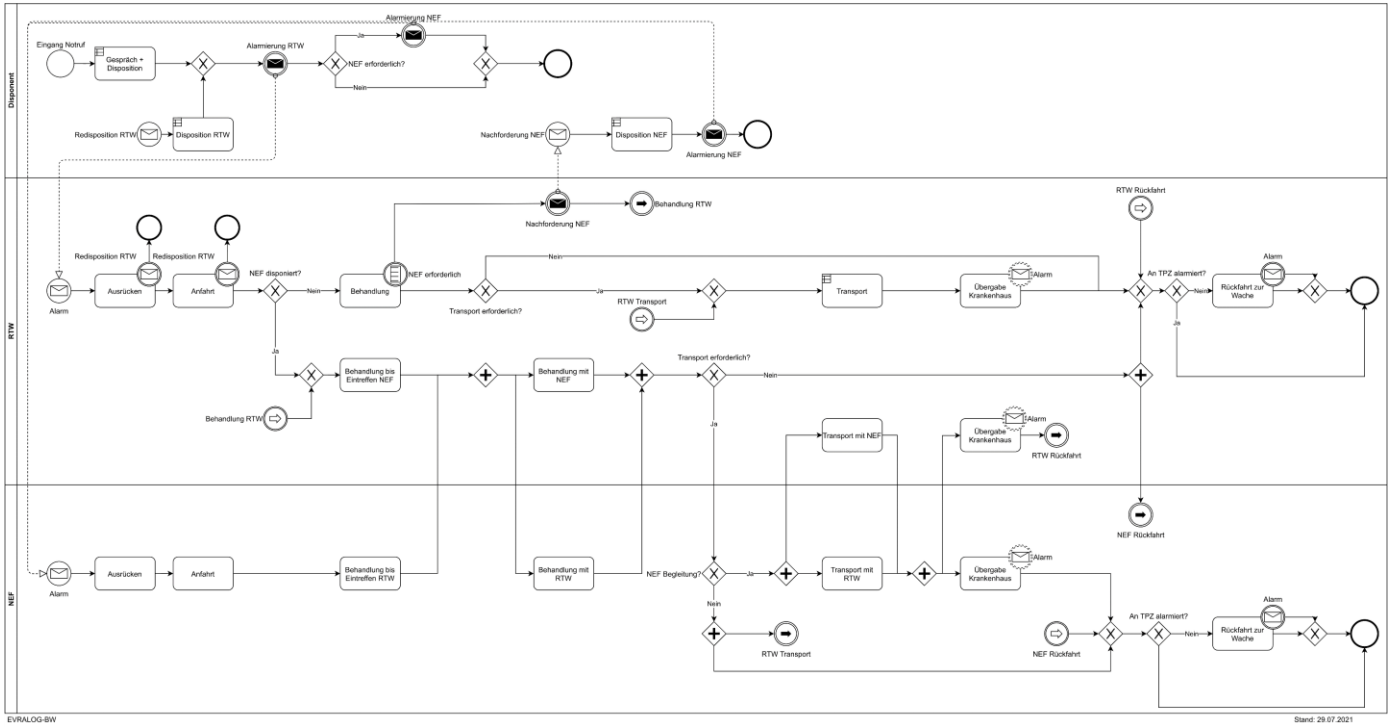
Land	Kategorie	Hilfsfrist
England	Kategorie 1	15 min (90% - Perzentil) & 7 min (Durchschnitt)
	Kategorie 2	40 min (90% - Perzentil) & 18 min (Durchschnitt)
	Kategorie 3	120 min (90% - Perzentil)
	Kategorie 4	180 min (90% - Perzentil)
Niederlande	A1	15 min (95% - Perzentil)
	A2	30 min (95% - Perzentil)
Polen	Städte mit >10.000 Einwohnern	8 min (90% - Perzentil)
	Rest des Landes	15 min (90% - Perzentil)

	Strukturqualität		Prozessqualität		
	Diskretisierte Struktur	Planare Struktur	Patientenperspektive	Ressourcenperspektive	
				Auslastung	Verfügbarkeit
Effizienz	(11 | 16)	(4 | 4)	(20 | 114)	(12 | 33)	(9 | 13)
Fairness	(2 | 2)	(0 | 0)	(3 | 11)	(2 | 3)	(0 | 0)

Simulationsmodell

- Forschungswerkzeug zur Validierung der Planungskriterien
- Anbindung an Daten der SQR-BW

Ablauf Notfallrettung



Modellierung - Vorgehen

Notfallparameter	Strukturparameter	Prozessparameter
Zeitpunkt	Krankenhäuser	Prozessverlauf
Ort	Rettungsmittel	Prozesszeiten
Art	Schichtzeiten	

Daten aufbereiten

↓

Datenexploration

↓

Parameter festlegen

[Watzinger 2020]

Modellierung - Vorgehen

Notfallparameter	Strukturparameter	Prozessparameter
Zeitpunkt	Krankenhäuser	Prozessverlauf
Ort	Rettungsmittel	Prozesszeiten
Art	Schichtzeiten	

Daten aufbereiten

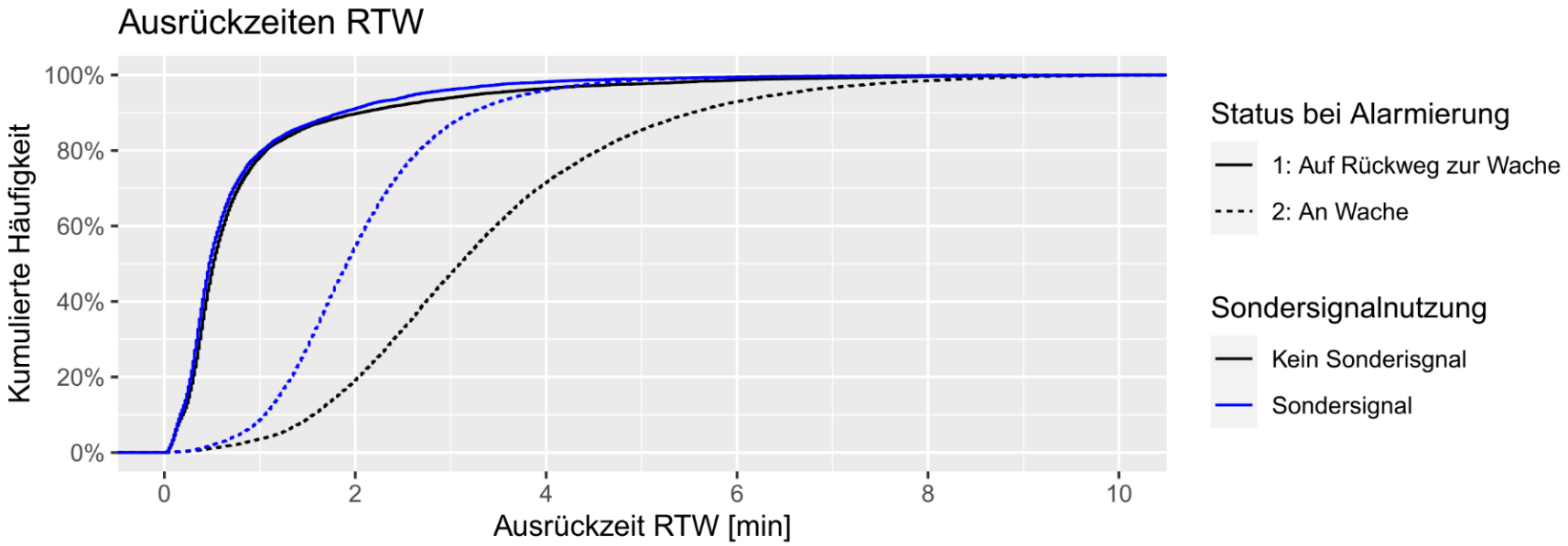
↓

Datenexploration

↓

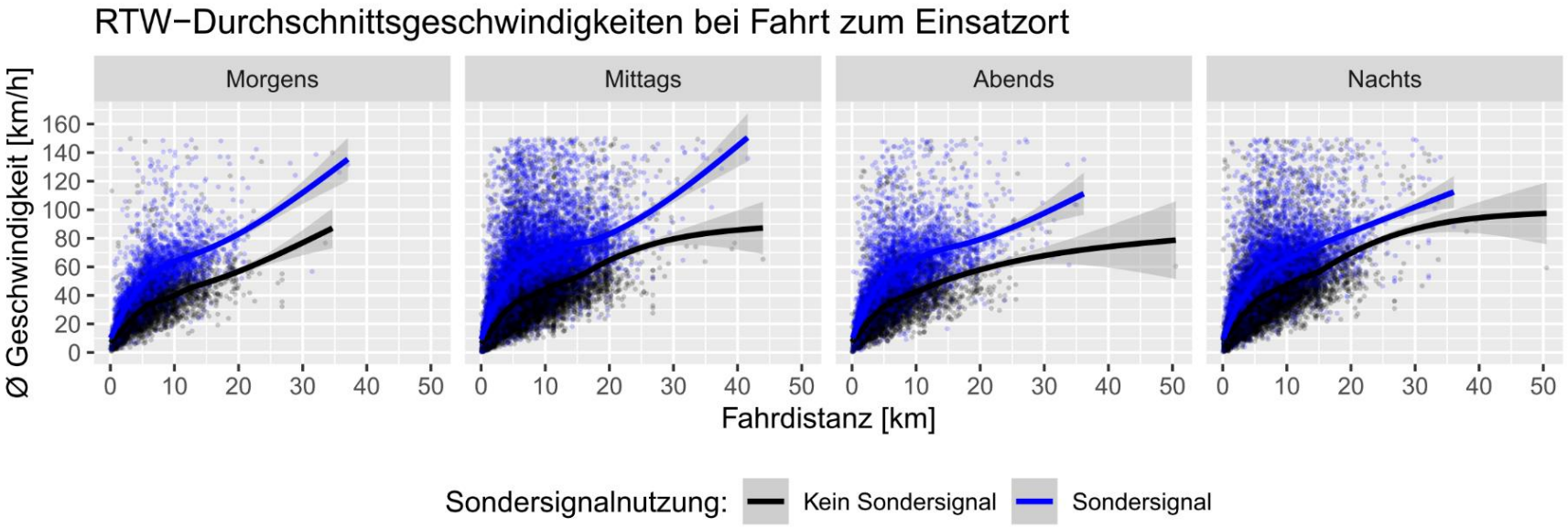
Parameter festlegen

Modellierung - Ausrückzeiten



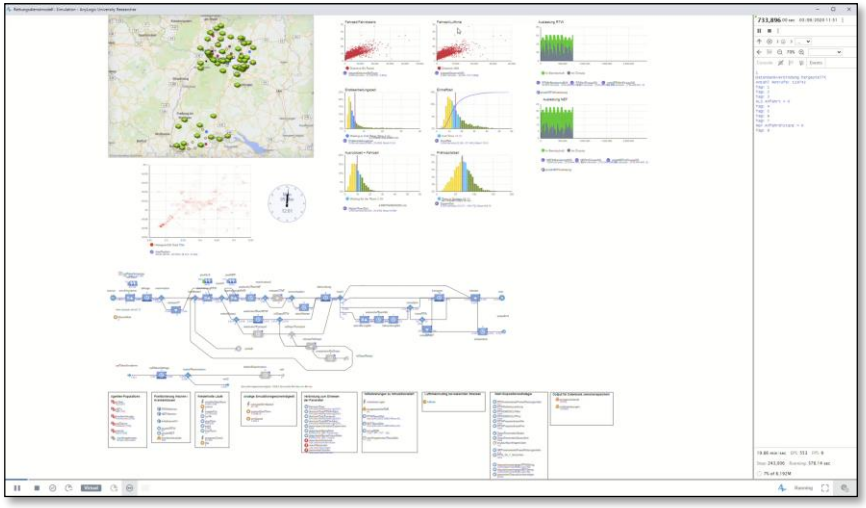
Empirische Verteilungsfunktionen werden in die Simulation eingelesen. Abhängig von den Einflussfaktoren werden für jeden simulierten Einsatz eigene Prozesszeiten angesetzt.

Modellierung - Fahrgeschwindigkeit



In der Simulation wird die Fahrgeschwindigkeit entsprechend der Geschwindigkeitsprofile für jede Fahrt festgelegt. Aktuell wird auch der Einsatz von Ansätzen aus dem maschinellen Lernen evaluiert.

Simulationsmodell



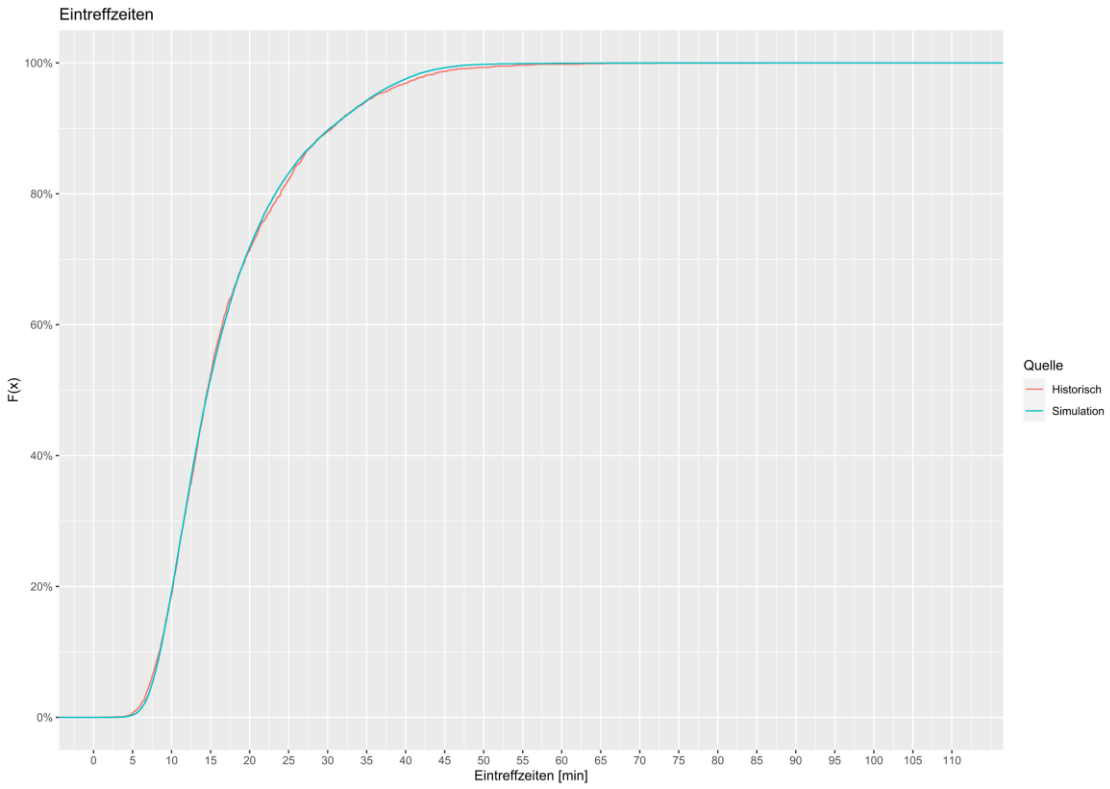
- Simulation als Forschungswerkzeug zur Evaluierung neuer Planungsansätze
- Bildet logistische Prozesse der (bodengebundenen) Notfallrettung ab
- Erlaubt Experimente ohne in das reale System einzugreifen
- Parametrisiert mit Daten der SQR-BW

[Olave, Nickel 2021; Watzinger, Nickel 2022]

Verifizierung & Validierung

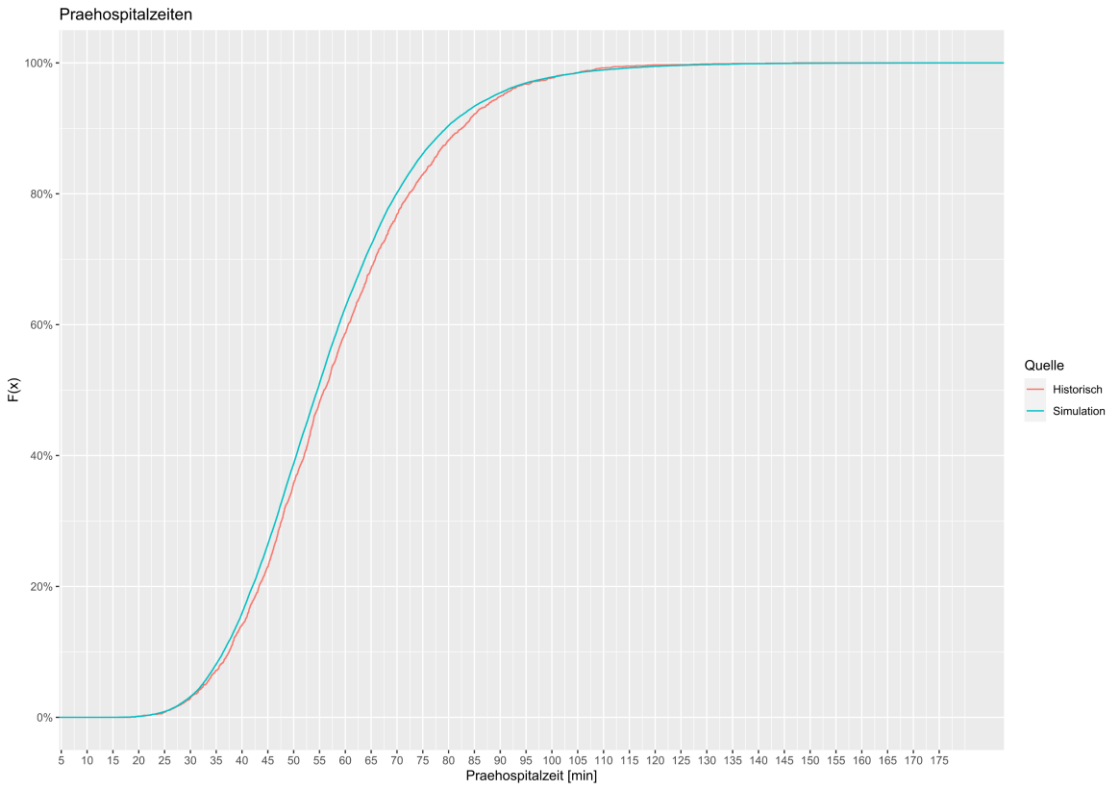
Durch den Vergleich von historischen und simulierten Daten lässt sich abschätzen, ob die Simulation das reale System ausreichend genau repräsentiert.

Verifizierung & Validierung - Eintreffzeiten



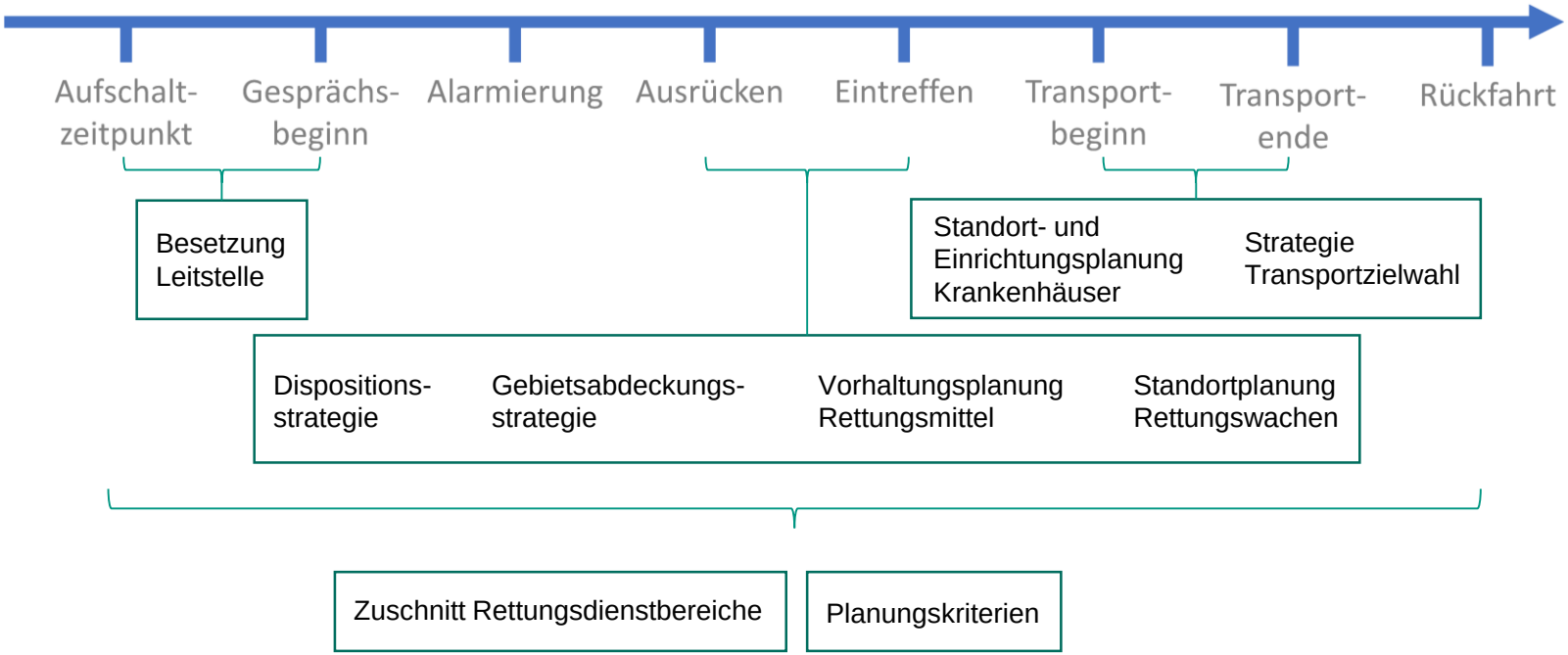
- Verwendung von OpenStreetMap-Kartendaten
- Gute Genauigkeit auch ohne Berücksichtigung von Routing-Besonderheiten bei Sondersignalnutzung

Verifizierung & Validierung - Prähospitalzeiten



- Krankenhauswahl von mehreren Faktoren abhängig
- Durch Einlesen historischer Transportziele ist eine gute Approximation möglich
- Bessere Daten zu Krankenhauseinrichtungen und Anforderungen können Modellierung weiter verbessern

Logistische Fragestellungen entlang der Rettungskette



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Sven Watzinger
Diskrete Optimierung und Logistik (DOL)
Kaiserstraße 89
Gebäude 05.20
D-76133 Karlsruhe

E-Mail: sven.watzinger@kit.edu
Web: healthcarelab.ksri.kit.edu oder
dol.ior.kit.edu

Literatur

- Fath, Philipp (2018): Digitale Rettungskette: Projektgruppe zeigt gesamten Prozess. In: *BOS-Leitstelle* 8 (02/2018), S. 18–21.
- Knight, Vincent Anthony; Harper, Paul Robert.; Smith, Leanne (2012): Ambulance allocation for maximal survival with heterogeneous outcome measures. In: *Omega* 40 (6), S. 918–926. DOI: 10.1016/j.omega.2012.02.003.
- Lechleuthner, A.; Wesolowski, M.; Brandt, S. (2019): Gestuftes Versorgungssystem im Kölner Rettungsdienst. In: Notfall Rettungsmed 22 (7), S. 598–607. DOI: 10.1007/s10049-019-00644-z.
- McLay, Laura A.; Mayorga, Maria E. (2010): Evaluating emergency medical service performance measures. In: Health Care Manag Sci 13 (2), S. 124–136. DOI: 10.1007/s10729-009-9115-x.
- Olave-Rojas, David; Nickel, Stefan (2021): Modeling a pre-hospital emergency medical service using hybrid simulation and a machine learning approach. In: *Simulation Modelling Practice and Theory*, S. 102302. DOI: 10.1016/j.simpat.2021.102302.
- Watzinger, Sven (2020): Hybrid Simulation for Quality Assurance in Emergency Medical Services in Baden-Wuerttemberg. Master thesis. Karlsruhe Institute of Technology. Institute for Operations Research.
- Watzinger, Sven; Nickel, Stefan (2022): Computerbasierte Ablaufsimulation: Entscheidungsunterstützung für die Notfall-Logistik. In: *Rettungsdienst* 45 (11/2022), S. 16–21.