

Ansätze für eine landesweite Bedarfsplanung

Stefan Nickel, 03.07.2025

KSRI fosters a powerful

digital innovation community.

 ksri.link/edin

 [@ksri_kit](https://twitter.com/ksri_kit)

 [@ksri_kit](https://www.instagram.com/ksri_kit)

we are part of the
SUGAR network



Forschungsgebiete



- Letzte-Meile Logistik
- Tourenplanung
- Autonome Logistik
- Multimodale Transportnetzwerke
- Mobilitätsservices
- Flottenmanagement

Transport-logistik und Mobilität

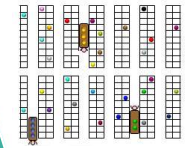


- Rettungsdienst
- Krankenhauslogistik
- Dienstplanung
- Patientenverlegungen
- Häusliche Gesundheitsversorgung
- Diagnostische Netzwerke

Health Care Logistik

- Planung und Steuerung von Logistik- und Produktionssystemen
- Materialflusssimulation
- Ablauf- und Reihenfolgeplanung
- Ladeplanung und Verschnittminimierung
- Kapazitätsplanung

Intralogistik und Produktion



Diskrete Optimierung und Logistik



DOL

LSO

Logistik und Supply-Chain-Optimierung



LSO



Health Care Lab



KSRI



Supply Chain Lab



Karlsruhe Service Research and Innovation Hub

Standort-planung und Netzwerke



- Gebietsplanung
- Zeit und Unsicherheit
- Präskriptive Supply Chain Analytics
- Design von Logistik-Systemen
- Risiko und Resilienz



Nachhaltige Prozesse und Systeme

- Prozessüberwachung in der Logistik
- Kognitive Systeme
- Energiebewusste Produktionsplanung
- Optimierungsbasiertes Redispatch

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



SQR-BW

Stelle zur trägerübergreifenden Qualitätssicherung
im Rettungsdienst Baden-Württemberg

Weitere Informationen und
Veröffentlichung unter:



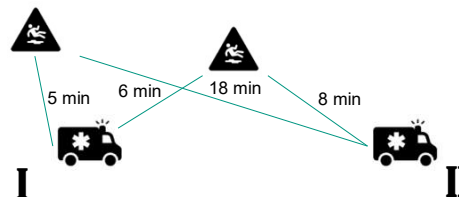
- Entwicklung eines Zielbilds für die logistischen Aspekte der Notfallrettung

Land	Kategorie	Hinbildung	Drucktypset	Personenliste
England	Kategorie 1	13 von 20% (Personen) & 7 von (Drucktypset)		
	Kategorie 2	40 von 50% (Personen) & 16 von (Drucktypset)		
	Kategorie 3	120 von 50% (Personen)	Drucktypset Drucker	Personen Drucker
	Kategorie 4	180 von 50% (Personen)		
Niederlande	A1	15 von 50% (Personen)		
	A2	30 von 50% (Personen)		
Polen	Städte mit >100 000 Einwohner	8 von 50% (Personen)		
	Aus den Ländern	15 von 50% (Personen)		
			Ungarn	(11 16)
			Finnland	(4 4)
				(20 114)
				(12 33)
				(8 53)
			Finnland	(2 2)
				(0 0)
				(3 11)
				(2 3)
				(0 0)

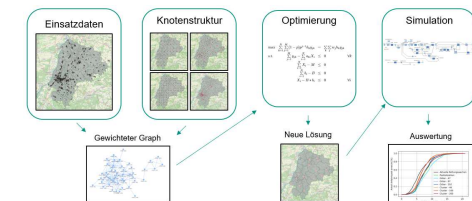
- Forschungswerkzeug zur Validierung der Planungskriterien
- Anbindung an Daten der SQR-BW



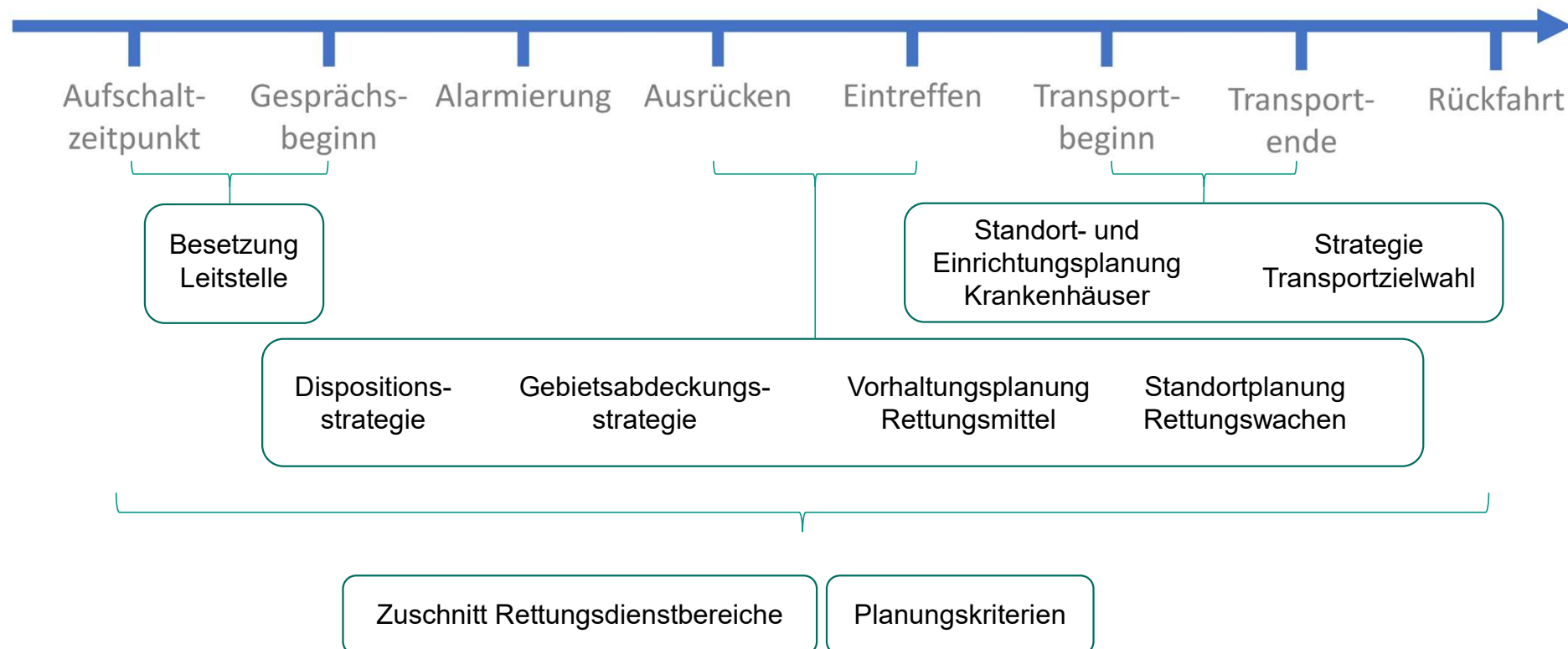
- Vergleich von Alternativen zur nächste-Fahrzeug-Strategie



- Integration differenzierter Planungsfristen in Optimierungsmodelle



Logistische Fragestellungen entlang der Rettungskette



Zunehmende Planungskomplexität im Rettungsdienst

Steigende
Einsatzzahlen

+

Begrenzte
Ressourcen



Differenzierter Einsatz von Ressourcen nach **Patientenbedürfnissen**

Originalien

Notfall Rettungsmed
<https://doi.org/10.1007/s00133-023-01244-6>
Angenommen: 11. Oktober 2023

© The Author(s) 2023



Notfall-
Rettungsmedizin

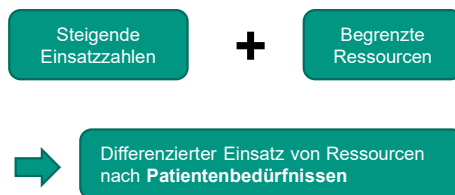
Patientenorientierte Planungskriterien für die Logistik in der Notfallrettung

Sven Watzinger¹ · Christoph Niedtner² · Cornelia Schütz³ · Daniel Groß⁴ ·
Daniel Schmitz⁵ · Jan-Philipp Stock⁶ · Manuel Fabrizio⁷ · Patrick Frey⁸ ·
Richard Böhm⁹ · Stefan Seibold¹⁰ · Torsten Adel¹¹ · Stefan Nickel¹² 

¹Institut für Operatives Research, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland; ²Abteilung
Samariter-Bund Baden-Württemberg e.V., Stuttgart, Deutschland; ³Stelle zur interdisziplinären
Qualitätsentwicklung im Rettungsdienst Baden-Württemberg (QZQ-BW), Stuttgart, Deutschland; ⁴Werk für
Anästhesiologie, Intensiv- und Notfallmedizin, St. Josef-Krankenhaus, Freiburg im Breisgau, Deutschland;
⁵Werk 16, Filialklinik, Feuerwehr-Karlsruhe, Rettungsdienst, Regensburg, Deutschland;
⁶Tübinger, Tübingen, Deutschland; ⁷Reinoldenberg Rettungsdienst, DRK Kreisverband Waldshut e.V.,
Waldshut-Tiengen, Deutschland; ⁸Stabskommando der Feuerwehr Stuttgart, Mäurer-Wilhelms-
e.V., Stuttgart, Deutschland; ⁹Integrierte Leitstelle Feuerwehr und Rettungsdienst Karlsruhe, Karlsruhe,
Deutschland; ¹⁰Herrn-Mann-Kliniken, Wismar, Deutschland

Zunehmende Planungskomplexität im Rettungsdienst

Hintergrund



Gesetzliche Grundlage

§ 6 Planung

(1) In der Notfallrettung ist für bestimmte Notfalkategorien bei der Planung der bedarfsgerechten und wirtschaftlichen Vorhaltungsstrukturen die Zeit

1. vom Einsatzannahme bis zum Eintreffen des ersten Rettungsmittels am Notfallort an Straßen (Eintreffzeit) oder
2. vom Eingang der Notrufmeldung in der Leitstelle bis zur Ankunft der Patientin oder des Patienten in der nächstgelegenen für die Versorgung geeigneten Einrichtung (Prähospitalzeit)

maßgebend.

(2) Der Rettungsdienstplan nach Absatz 4 bestimmt, für welche **Notfalkategorien** und welches Rettungsmittel die Eintreff- oder Prähospitalzeit maßgebend ist. Als Zielerreichung ist planerisch für Einsätze, bei denen akut höchste Eile geboten ist, um Menschenleben zu retten oder schwere gesundheitliche Schäden abzuwenden

1. eine Eintreffzeit von nicht mehr als zwölf Minuten in 95 Prozent oder
2. für bestimmte Notfalleinsätze eine Prähospitalzeit von nicht mehr als 60 Minuten in 80 Prozent

jeweils bezogen auf ein Kalenderjahr im jeweiligen Rettungsdienstbereich anzusetzen. Planungsrelevantes ersteintreffendes Rettungsmittel im Sinne von Absatz 1 ist der Rettungswagen. Das Eintreffen von Notarzteeinsatzfahrzeug oder des Luftrettungsdienstes vor dem Rettungswagen am Notfallort beendet die Eintreffzeit. Zur Planung der bedarfsgerechten und wirtschaftlichen Vorhaltungsstrukturen notärztlich besetzter bodengebundener Rettungsmittel und für **weitere versorgungsrelevante Einsatzkategorien** können im Rettungsdienstplan nach Absatz 4 abweichend zu Satz 2 andere Zeitdauern und Zielerreichungsgrade festgelegt werden.

§ 60 Umsetzungsfrist

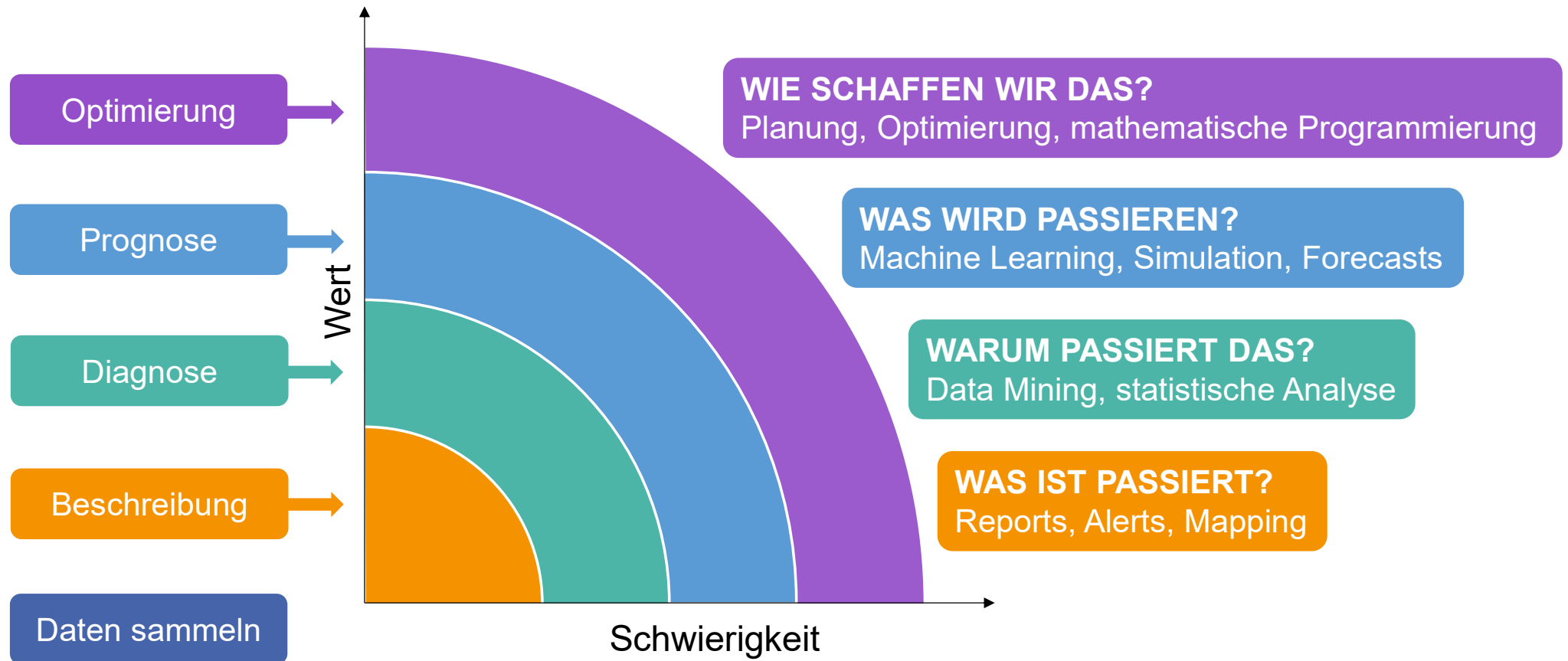
(1) Zur Umsetzung der Vorgaben in § 6 Absatz 1 und 2 sowie zur Umsetzung der Vorgaben im Rettungsdienstplan veranlasst der Landesausschuss für den Rettungsdienst eine **landesweite Begutachtung** nach § 8 Absatz 2 Satz 4. Aufgrund der Ergebnisse der Begutachtung legt er einen landesweit verbindlichen Umsetzungsplan fest, der im jeweiligen Rettungsdienstbereich Bestandteil des Bereichsplanes nach § 6 Absatz 6 wird. Die Umsetzung soll bis zum 31. Dezember 2030 abgeschlossen sein. Die Aufgaben der Bereichsausschüsse nach §§ 6 Absatz 6 und 7 und 10 Absatz 3 bleiben bis zur landesweiten Begutachtung unberührt.

Operationalisierung

Wie können differenzierte Planungskriterien in einer landesweiten Begutachtung berücksichtigt werden?

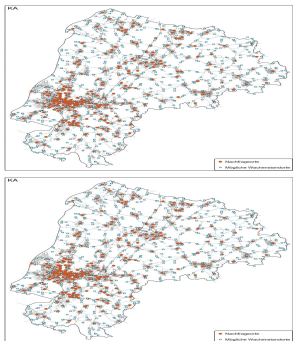
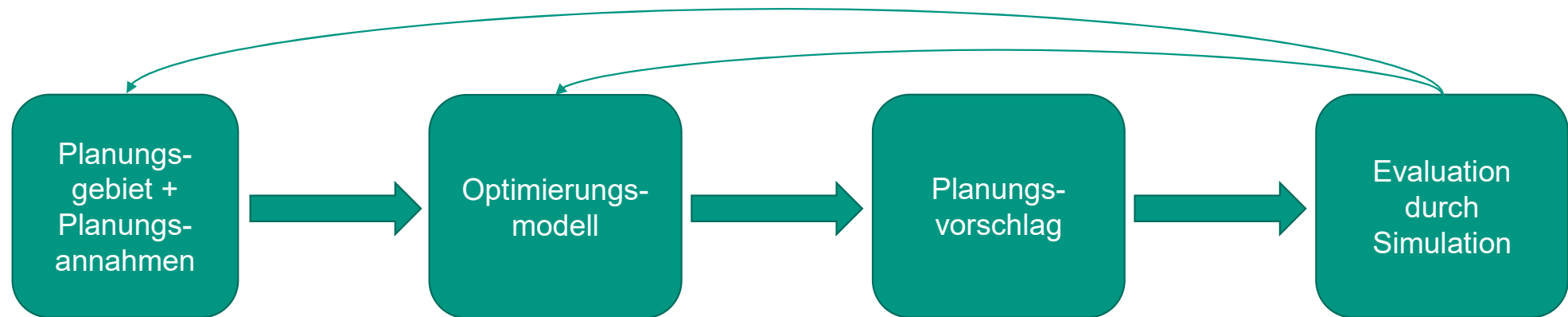


Von Daten zu Entscheidungen

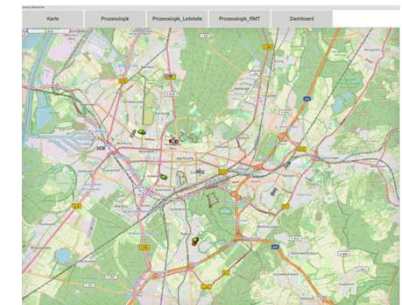
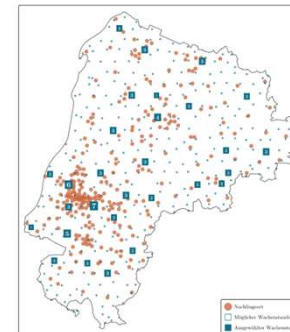


Quelle: ISCI, Opalytics 2018

Planungsansatz

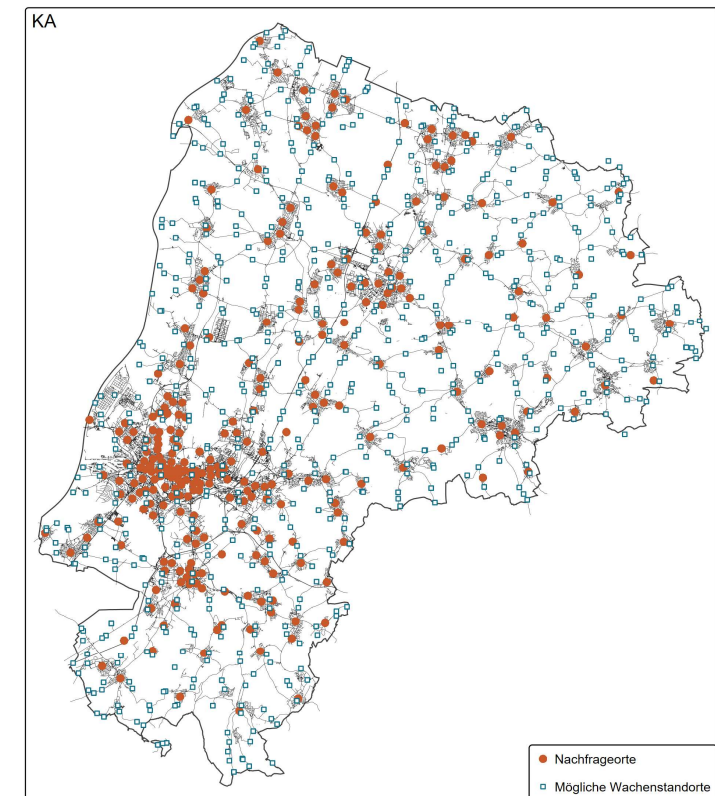


$$\begin{aligned}
 & \sum_{j \in J} \sum_{k=1}^{L_j} k x_{jk} + \frac{1}{|J|+1} \sum_{j \in J} \sum_{k=1}^{L_j} x_{jk} \\
 & \sum_{\theta \in \Theta} \sum_{i \in I} \frac{1}{24} f_i^{\theta} p_{ij}^{\theta} \leq \sum_{k=1}^{L_j} \Lambda_k^{\theta} x_{jk}, \quad \forall j \in J, \\
 & \sum_{j \in N_i^{\theta}} p_{ij}^{\theta} = 1, \quad \forall (i, \theta) : i \in I, \theta \in \Theta, N_i^{\theta} \neq \emptyset, \\
 & \sum_{j \in J} p_{ij}^{\theta} = 1, \quad \forall (i, \theta) : i \in I, \theta \in \Theta, N_i^{\theta} = \emptyset, \\
 & \sum_{k=1}^{L_j} x_{jk} \leq 1, \quad \forall j \in J, \\
 & 0 \leq p_{ij}^{\theta} \leq 1, \quad \forall i \in I, j \in J, \theta \in \Theta, \\
 & x_{jk} \in \{0, 1\}, \quad \forall (j, k) : j \in J, k \in \{1, \dots, L_j\}
 \end{aligned}$$

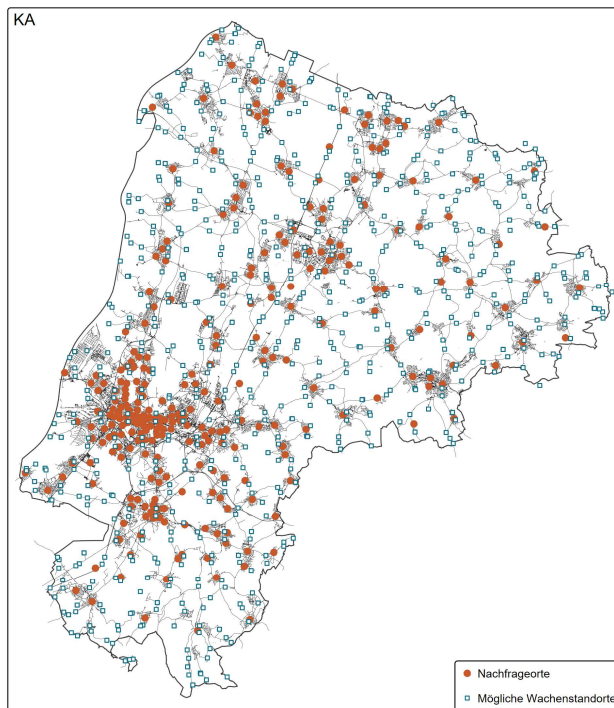


Optimierungsmodelle in der Planung

- Ausgangslage:
 - Straßennetzwerk
 - Einsatzorte
- Modellparameter:
 - Nachfrageorte
 - Mögliche Wachenstandorte



Optimierungsmodelle in der Planung



Optimierungsmodell

$$\sum_{j \in J} \sum_{k=1}^{L_j} k x_{jk} + \frac{1}{|J|+1} \sum_{j \in J} \sum_{k=1}^{L_j} x_{jk}$$

$$\sum_{\theta \in \Theta} \sum_{i \in I} \frac{1}{2^4} f_{ij}^{\theta} p_{ij}^{\theta} \leq \sum_{k=1}^{L_j} \Lambda_k x_{jk}, \quad \forall j \in J,$$

$$\sum_{j \in N_i^{\theta}} p_{ij}^{\theta} = 1, \quad \forall (i, \theta) : i \in I, \theta \in \Theta, N_i^{\theta} \neq \emptyset,$$

$$\sum_{j \in J} p_{ij}^{\theta} = 1, \quad \forall (i, \theta) : i \in I, \theta \in \Theta, N_i^{\theta} = \emptyset,$$

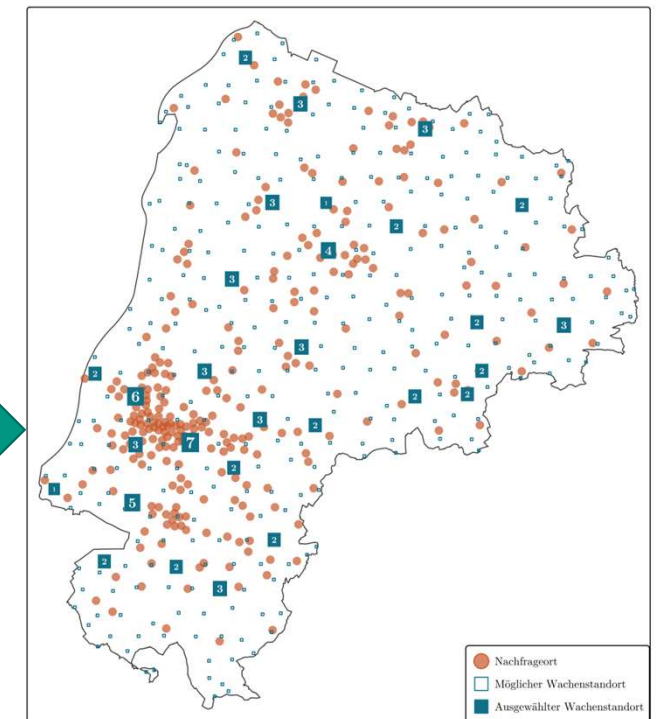
$$\sum_{k=1}^{L_j} x_{jk} \leq 1, \quad \forall j \in J,$$

$$0 \leq p_{ij}^{\theta} \leq 1, \quad \forall i \in I, j \in J, \theta \in \Theta,$$

$$x_{jk} \in \{0, 1\}, \quad \forall (j, k) : j \in J, k \in \{1, \dots, L_j\}$$

Basiert auf:

- Planungszielen
- Rahmenbedingungen

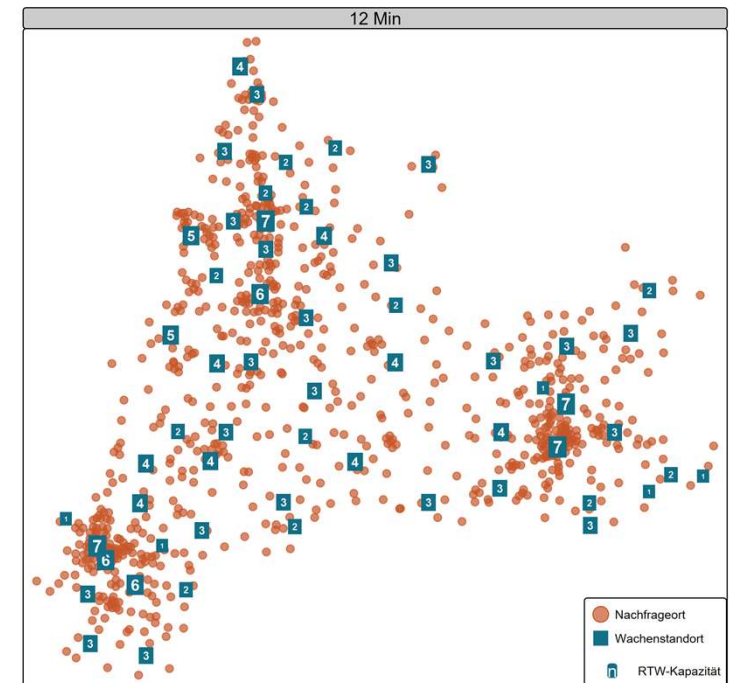


- Standorte
- Dimensionierung der Standorte

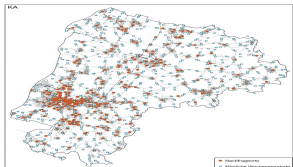
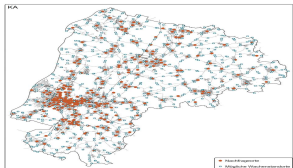
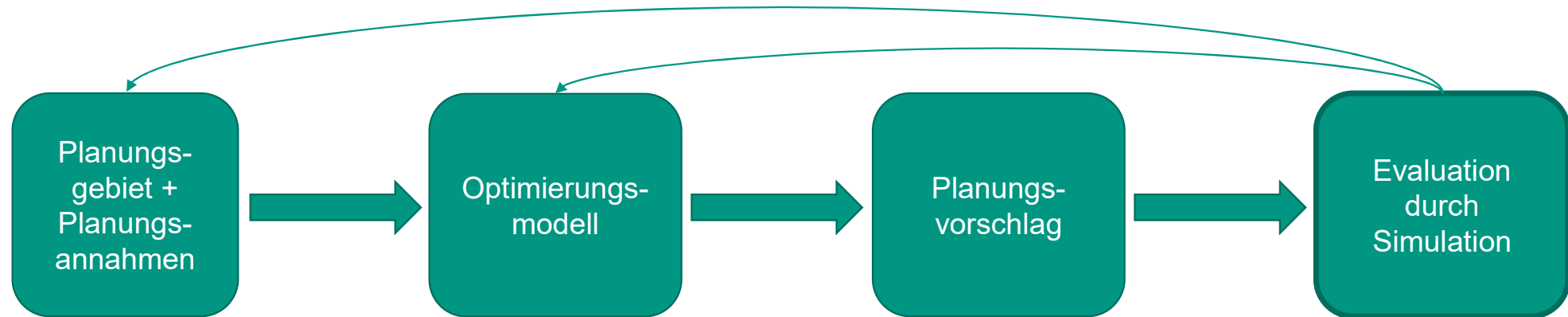
+ Planungsannahmen

Optimierungsmodelle in der Planung

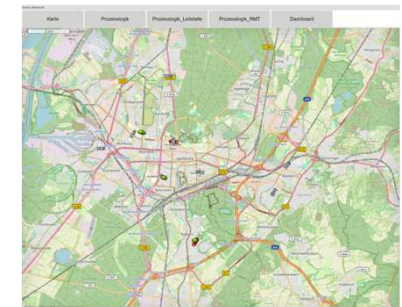
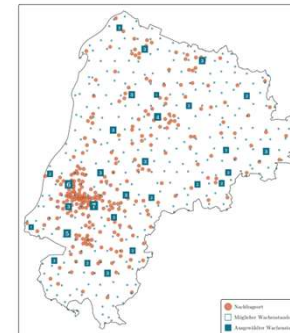
- Optimierungsmodelle erlauben Vergleich von Szenarien
- Initiale Entwicklung und Implementierung erfordert großen Aufwand, dann können z.B. bei neuen Daten Berechnungen fortgeschrieben werden
- Auswirkungen von Planungsannahmen können durch Sensitivitätsanalysen nachvollzogen und verglichen werden
- Beispiel: Änderung der Planungsvorschläge durch Variation der planerischen Fahrzeitgrenze



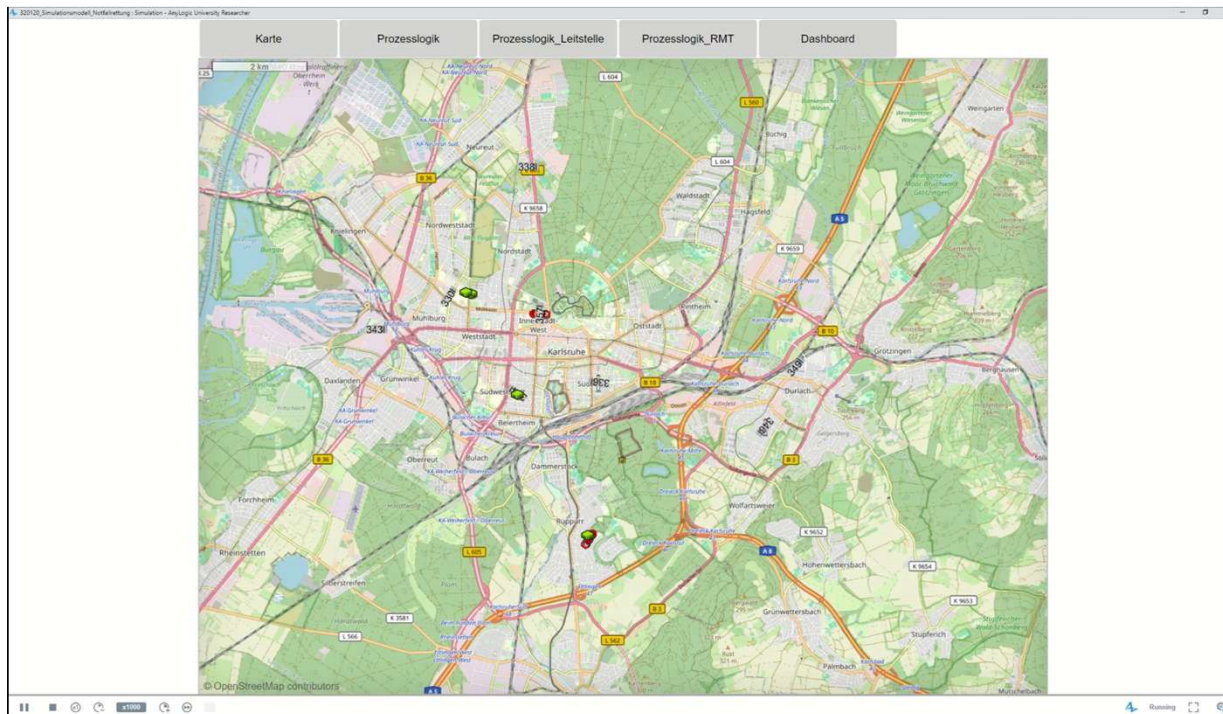
Planungsansatz



$$\begin{aligned}
 & \sum_{j \in J} \sum_{k=1}^{L_j} k x_{jk} + \frac{1}{|J|+1} \sum_{j \in J} \sum_{k=1}^{L_j} x_{jk} \\
 & \sum_{\theta \in \Theta} \sum_{i \in I} \frac{1}{24} f_i^\theta p_{ij}^\theta \leq \sum_{k=1}^{L_j} \Lambda_k^\theta x_{jk}, \quad \forall j \in J, \\
 & \sum_{j \in N_i^\theta} p_{ij}^\theta = 1, \quad \forall (i, \theta) : i \in I, \theta \in \Theta, N_i^\theta \neq \emptyset, \\
 & \sum_{j \in J} p_{ij}^\theta = 1, \quad \forall (i, \theta) : i \in I, \theta \in \Theta, N_i^\theta = \emptyset, \\
 & \sum_{k=1}^{L_j} x_{jk} \leq 1, \quad \forall j \in J, \\
 & 0 \leq p_{ij}^\theta \leq 1, \quad \forall i \in I, j \in J, \theta \in \Theta, \\
 & x_{jk} \in \{0, 1\}, \quad \forall (j, k) : j \in J, k \in \{1, \dots, L_j\}
 \end{aligned}$$



Simulation



- Simulation als Werkzeug zur Evaluation von Planungsvorschlägen
- Bildet logistische Prozesse der (boden gebundenen) Notfallrettung ab
- Erlaubt Experimente ohne in das reale System einzugreifen
- Parametriert mit Daten der SQR-BW

Simulation und Optimierung

■ VDI 3633 Blatt 12 Simulation und Optimierung

- „Diese Richtlinie behandelt die Integration von Simulation und Optimierung zur Unterstützung betrieblicher Entscheidungsprozesse. Sie kategorisiert die möglichen Arten der Verknüpfung und erläutert anhand von Beispielen, welche Kategorie in welchem Problemfall die Geeignete ist.“

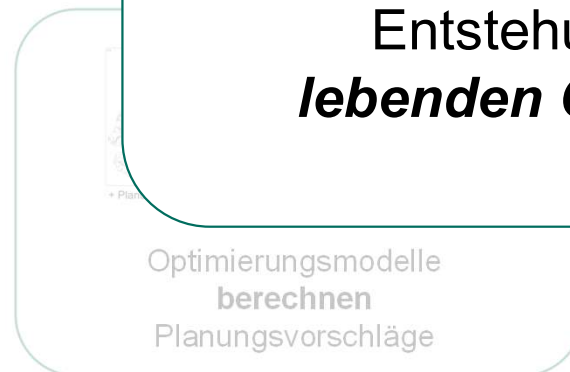
ICS 03.100.10		VDI-RICHTLINIEN		Juli 2020 July 2020	
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE		Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen Simulation und Optimierung Simulation of systems in materials handling, logistics, and production Simulation and optimisation		VDI 3633 Blatt 12 / Part 12 Ausg. deutsch/englisch Issue German/English	
Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.		The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.			
Inhalt	Seite	Contents	Page		
Vorbemerkung	2	Preliminary note.....	2		
Einleitung	2	Introduction.....	2		
1 Anwendungsbereich.....	3	1 Scope.....	3		
2 Charakterisierung von Optimierungsproblemen	3	2 Characterisation of optimisation problems	3		
3 Kategorisierung der Verknüpfung von Simulation und Optimierung.....	4	3 Categorising the types of simulation and optimisation combinations	4		
4 Kategorie A – Simulation folgt der Optimierung.....	8	4 Category A – Simulation follows optimisation	8		
5 Kategorie B – Optimierung folgt der Simulation.....	9	5 Category B – Optimisation follows simulation.....	9		
6 Kategorie C – Optimierung ist in die Simulation integriert	12	6 Category C – Optimisation integrated into simulation	12		
7 Kategorie D – Simulation ist in die Optimierung integriert.....	17	7 Category D – Simulation integrated into optimisation	17		
8 Bewertung von Alternativen mithilfe der Simulation.....	19	8 Assessment of alternatives via simulation.....	19		
Schrifttum	24	Bibliography	24		

Zusammenfassung



Neue Möglichkeiten der Planung

Entstehung von *lebenden Gutachten*



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



Stefan Nickel
Diskrete Optimierung und Logistik (DOL)
Kaiserstraße 89
Gebäude 05.20
D-76133 Karlsruhe

E-Mail: Stefan.nickel@kit.edu
Web: healthcarelab.ksri.kit.edu oder
dol.ior.kit.edu



03. – 04.07.2025
im Kongresshaus
in Baden-Baden

Perspektiven einer
innovativen Notfallversorgung
für Baden-Württemberg

