

FORUM ZUKUNFT RETTEN
Stefan Nickel, Sven Watzinger

Landesweite Begutachtung konkret



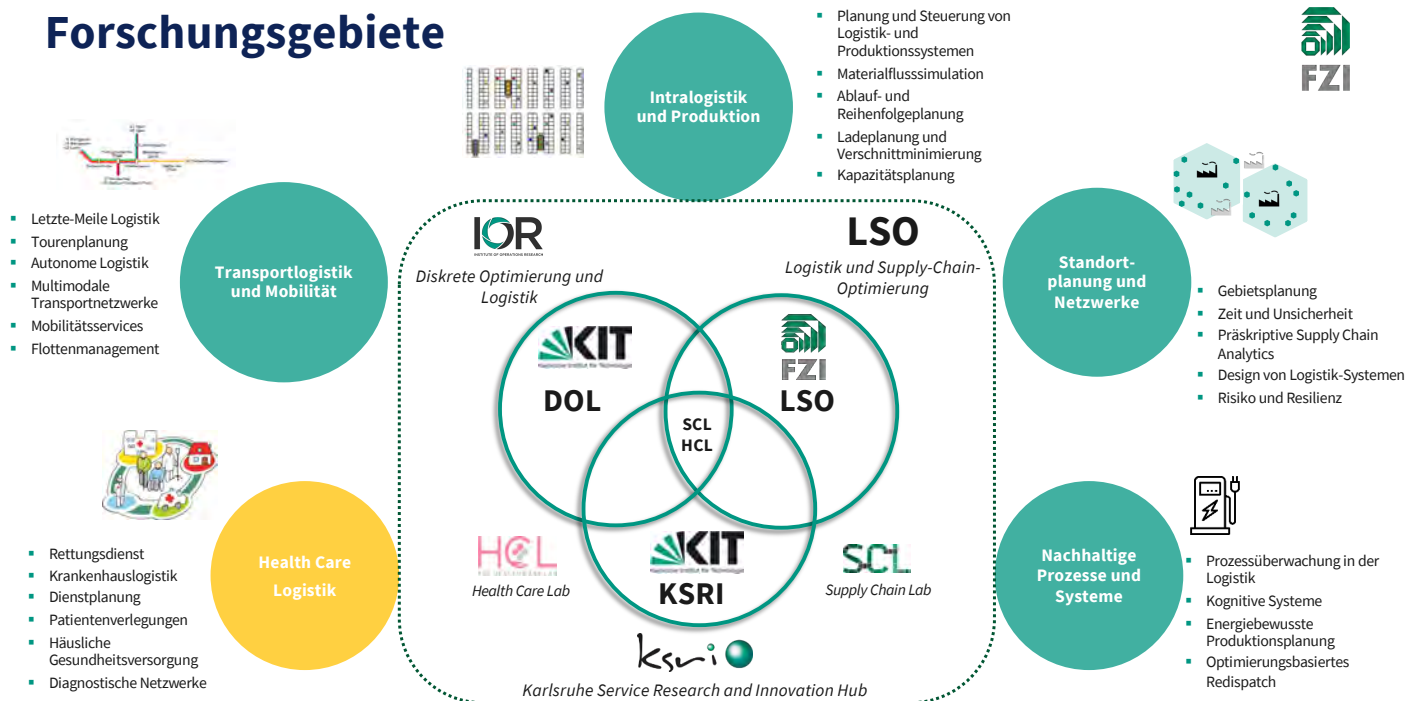
Agenda

Landesweite Begutachtung konkret



- Vorstellung
- Ausgangslage
- Planungsmethodik
- Planungsprozess
- Fazit & Ausblick

Forschungsgebiete



3

30.07.26

FZI Forschungszentrum Informatik

Das FZI

- Gemeinnützige, unabhängige Stiftung des öffentlichen Rechts
- Gründung 1985 als Forschungs-, Ausbildungs- und Transfereinrichtung im Bereich der Informatik und ihrer Anwendungsfelder
- Stiftungsauftrag: Wissenstransfer aus der Forschung in Unternehmen und öffentliche Einrichtungen
- Innovationspartner des Karlsruher Institut für Technologie (KIT)



4

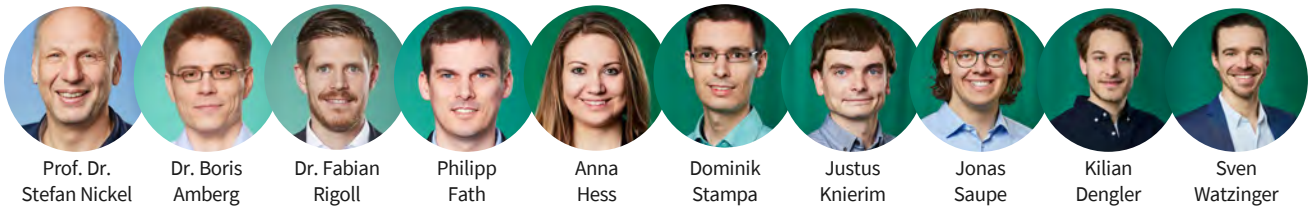
FZI Forschungszentrum Informatik

30.07.26

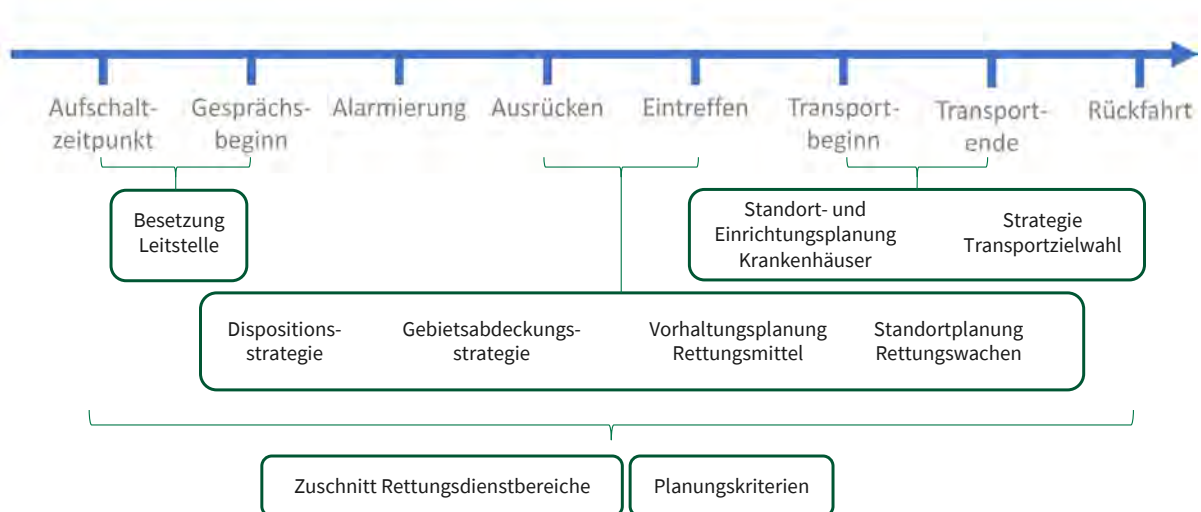
Logistik und Health-Care-Logistik @ FZI



- Simulation, Optimierung und simulationsgestützte Optimierung logistischer Prozesse
- Aktuelle Beispielprojekte:
 - Simulationsbasierte Evaluation von Logistikprozessen im Rahmen der Begleitung eines Krankenhausneubaus
 - Konzeption eines Systems für den Einsatz mobiler Robotik für unterstützende Prozesse im Krankenhaus
 - Optimierung innerstädtischer und überregionaler Liefersysteme



Logistische Entscheidungen entlang der Rettungskette



EVRALOG-BW

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





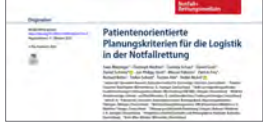
SQR-BW

Stelle zur trägerübergreifenden Qualitätssicherung im Rettungsdienst Baden-Württemberg



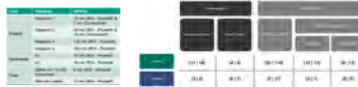
Projektlaufzeit:
 06/2021 – 05/2025
 Sven Watzinger

Weitere Informationen und
 Veröffentlichung unter:
<https://healthcarelab.ksri.kit.edu/projekte.php>

Planungskriterien

- Entwicklung eines Zielbilds für die logistischen Aspekte der Notfallrettung



Simulationsmodell

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



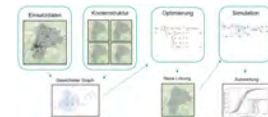
Dispositionsstrategien

- Vergleich von Alternativen zur nächste-Fahrzeug-Strategie



Strukturplanung

- Integration differenzierter Planungsfristen in Optimierungsmodelle



Von der Forschung in die Anwendung



Forschung

Transfer

Verstetigung



EVRALOG-BW

- Erkenntnisgewinn
- Methodenentwicklung & -evaluation



**Kompetenzzentrum für Logistik
im Rettungsdienst – Baden-
Württemberg**

- Entscheidungsunterstützung
- Methodenanpassung & -anwendung
- Landesweite Begutachtung & Bedarfsplanung



Agenda

Landesweite Begutachtung konkret

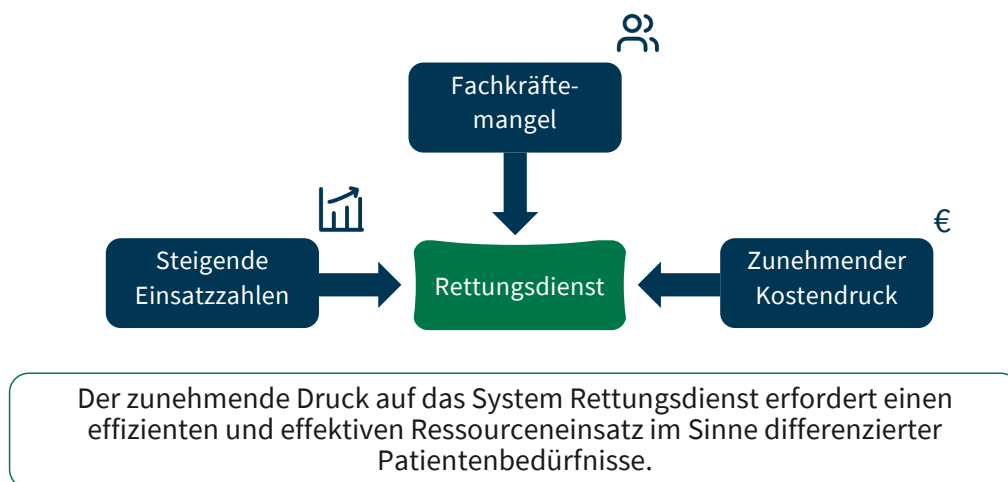


9

FZI Forschungszentrum Informatik

30.07.26

Herausforderungen



➡ Wie können wir diesen Herausforderungen in der Planung begegnen?

10

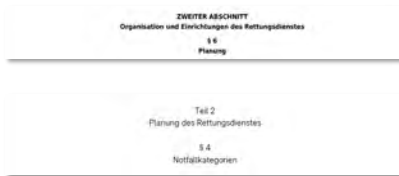
FZI Forschungszentrum Informatik

30.07.26

Ausgangslage Baden-Württemberg



§ Rechtsgrundlage



- RDG und RDPlanVO ermöglichen **differenzierte** Planung nach Notfallkategorien
- RDG sieht **landesweite** Begutachtung vor

🗄 Daten



- SQR-BW ermöglicht eine Planung auf **landesweit** einheitlich aufbereiteten Daten

🔑 Planungswerkzeuge

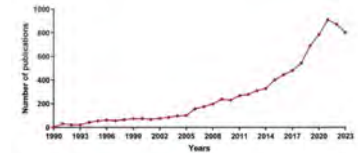


Fig. 3. Literature that includes "emergency medical services" or "EMS" as keywords from Web of Science. [Carvalho und Captivo 2025]

- Planung für den Rettungsdienst ist ein **aktives Wissenschaftsfeld**
- **EVRALOG-BW** bietet Grundlage für eine landeseinheitliche Planungsmethodik für Baden-Württemberg

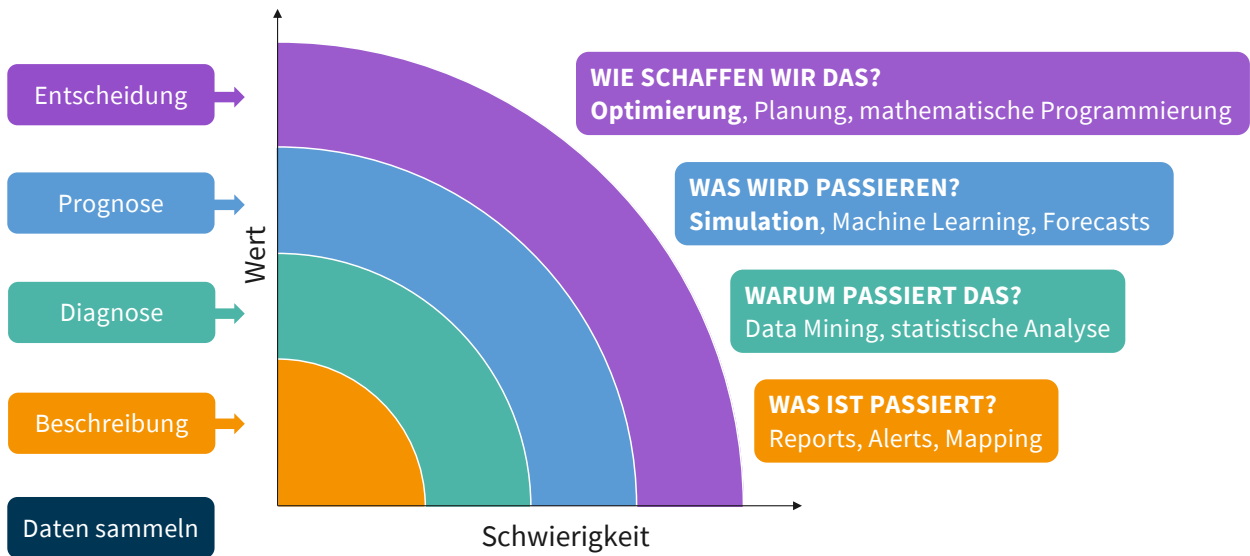
Die Rahmenbedingungen für eine landesweite, differenzierte Planung sind vorhanden.

Agenda

Landesweite Begutachtung konkret

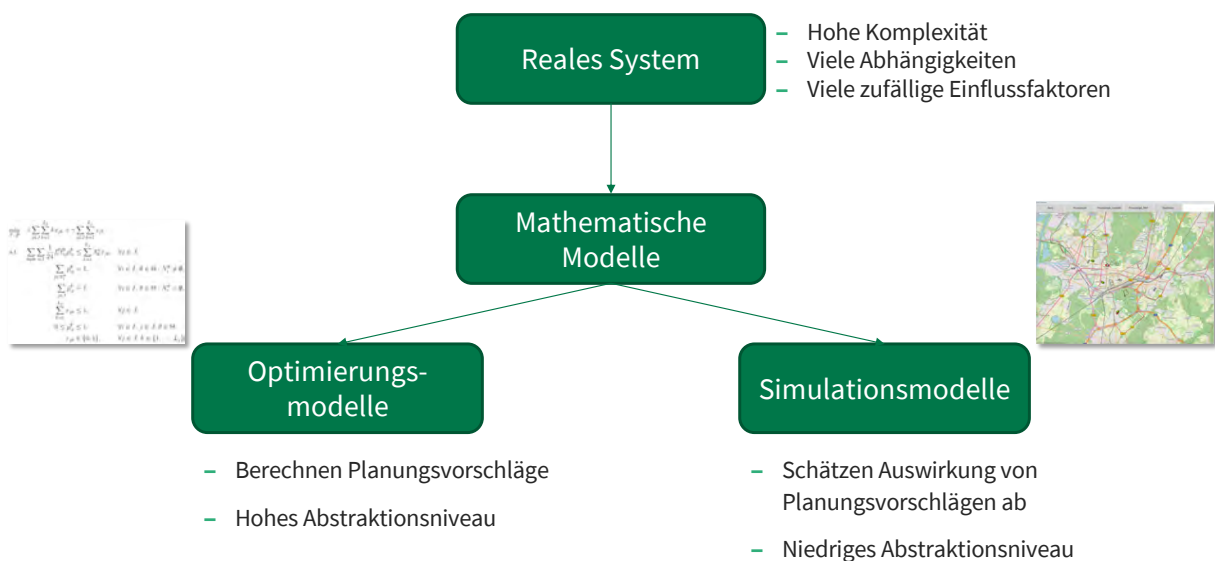


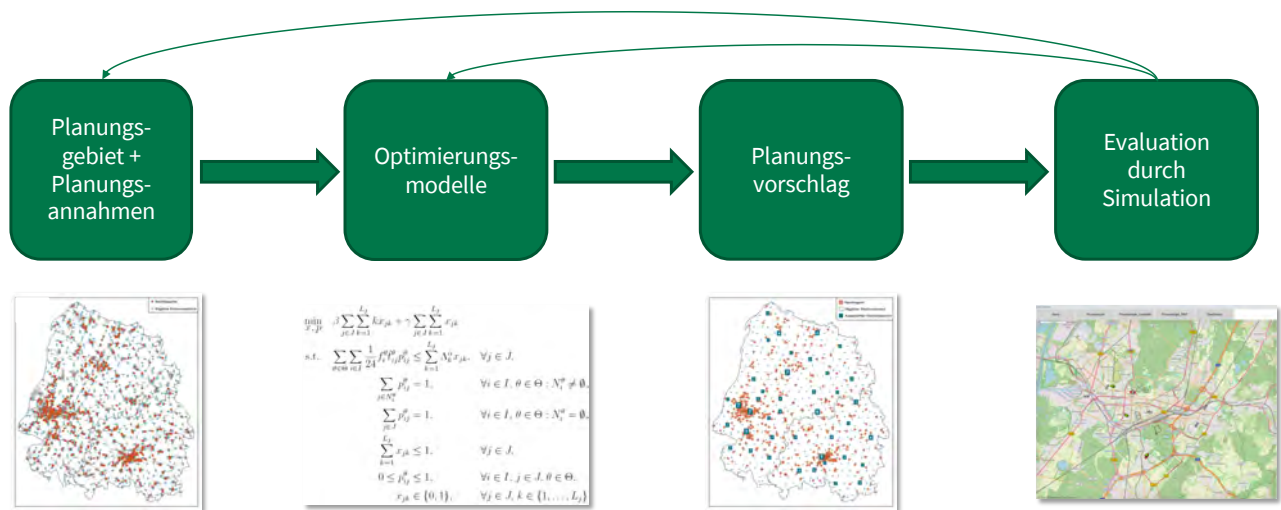
Von Daten zu Entscheidungen



[Gartner Analytics Maturity Model]

Modelle in der Planung





Planungsmethodik - Optimierungsmodelle

Einführungsbeispiel zu Optimierungsmodellen

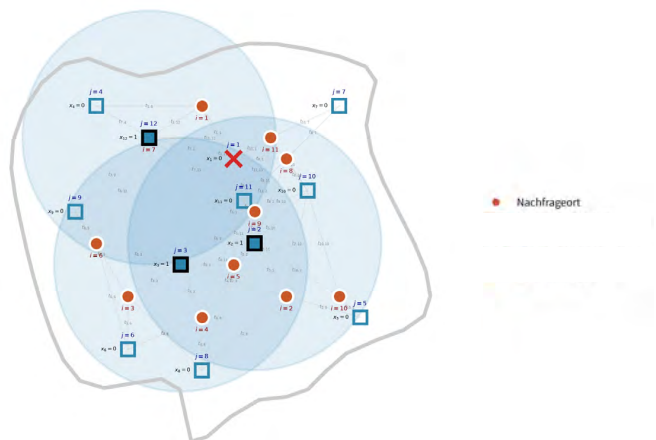
- Wie viele Standorte werden benötigt, um alle Nachfrageorte abzudecken?
- Welche Kombination an Standorten führt zum geringsten durchschnittlichen Abstand zwischen Standorten und Nachfrageorten?
- Wie ändert sich die beste Konfiguration, wenn einer der geplanten Standorte nicht umsetzbar ist?



Optimierungsmodelle berechnen Entscheidungsvorschläge **simultan**.



Optimierungsmodelle **können neu gelöst werden**, wenn sich Planungsannahmen ändern.



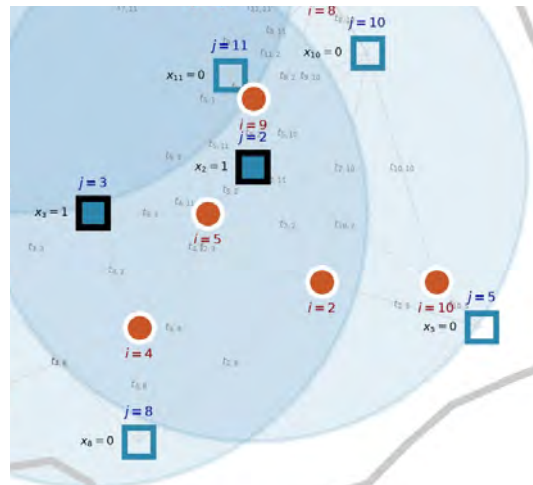
Planungsmethodik - Optimierungsmodelle

Einführungsbeispiel zu Optimierungsmodellen

Formulierung eines einfachen Optimierungsmodells:

- Notation:
 - $i \in \{1, \dots, n\}$: Index Nachfrageorte
 - $j \in \{1, \dots, m\}$: Index mögliche Standorte
 - $t_{i,j}$: Fahrzeit von möglichem Standort j zu Nachfrageort
 - Entscheidungsvariable Standortvorschlag
 - $J_i(t^{max})$: Menge von möglichen Standorten, die Nachfrageort i innerhalb einer Fahrzeitgrenze t^{max} erreichen können
- Optimierungsmodell:

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{j=1}^m x_j \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j \in J_i(t^{max})} x_j \geq 1 \quad \forall i \in \{1, \dots, n\} \\ & x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in \{1, \dots, m\} \end{aligned}$$



[Angelehnt an Grundlagenmodell von Toregas et al., 1971]

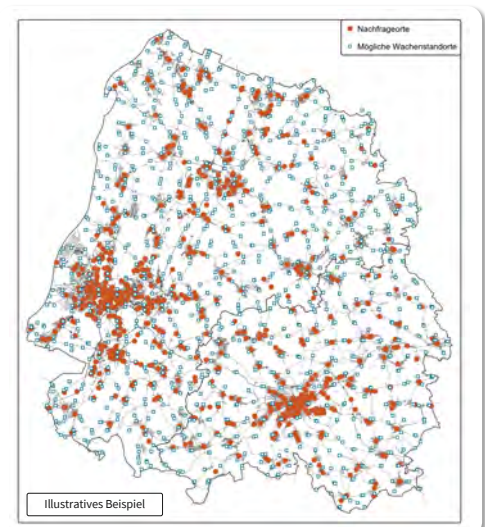
Planungsmethodik - Optimierungsmodelle

Datengrundlage:

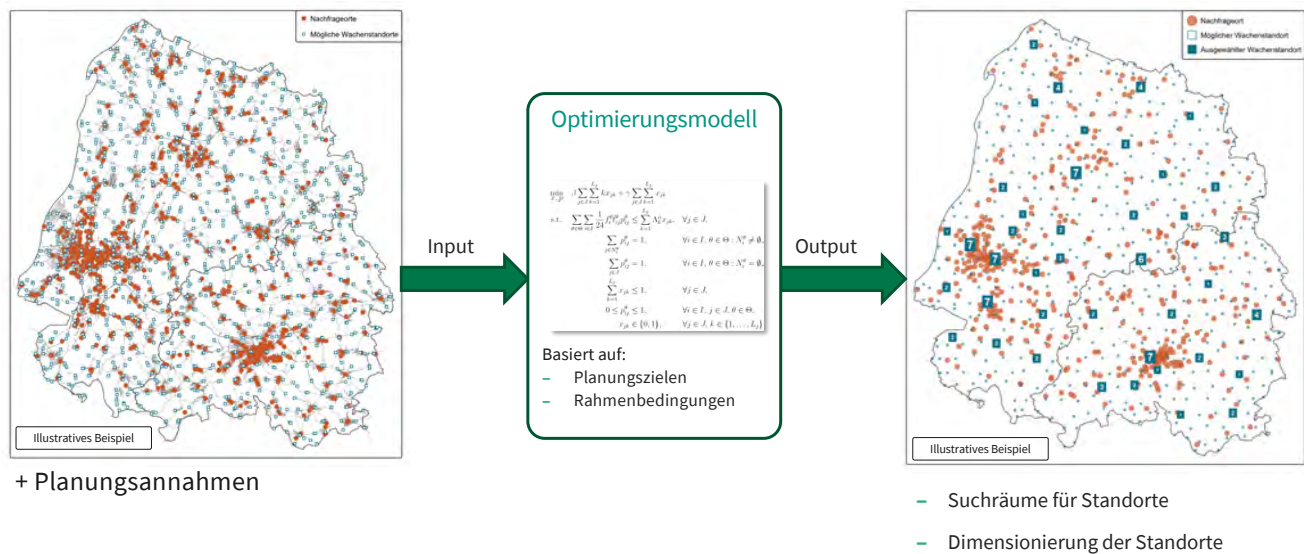
- Straßennetzwerk
- Einsatzorte
- Geschwindigkeitsprofile

Modellparameter:

- Nachfrageorte mit Einsatzraten
- Mögliche Wachenstandorte / Suchräume
- Fahrzeiten



Planungsmethodik - Optimierungsmodelle



Planungsmethodik - Optimierungsmodelle

- 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
- Optimierungsmodelle erlauben **schnelle Berücksichtigung von Änderungen** in den Planungsannahmen
- Beispiel: Änderung der Planungsvorschläge durch Variation der planerischen Fahrzeitgrenze



Planungsmethodik - Optimierungsmodelle



Wann lohnt sich Optimierung?

Zu treffende Entscheidungen sind:

- Nicht-trivial
- Nur aufwändig änderbar
- Sehr schnell zu treffen
- Mit hohen Kosten verbunden

Wofür kann Optimierung eingesetzt werden?



Planung



Policy-Gestaltung

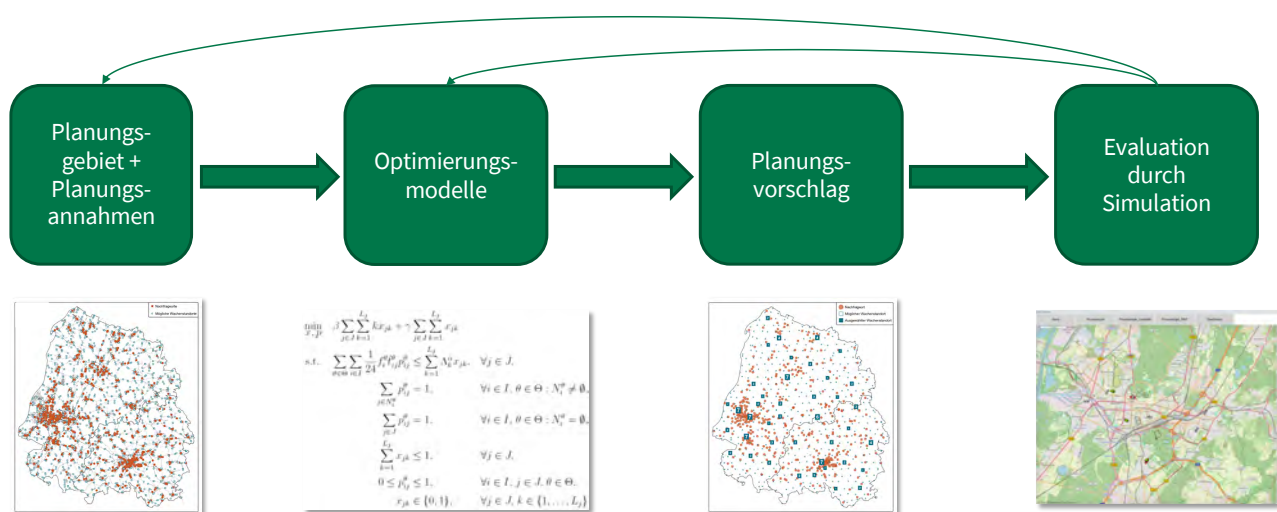


Operative Entscheidungsunterstützung

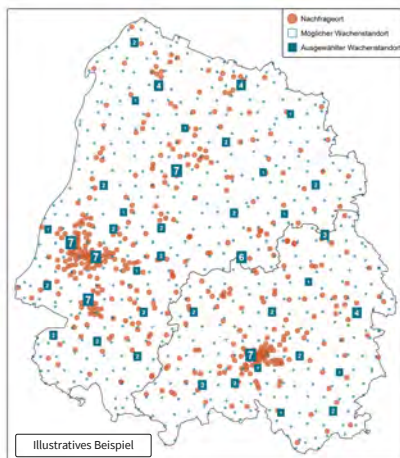
Was kann Optimierung?

Optimierung kann in Entscheidungsprozess iterativ genutzt werden, um „**Wie muss entschieden werden, damit...?**“-Fragen zu beantworten.

Planungsmethodik



Planungsmethodik - Simulation



Input



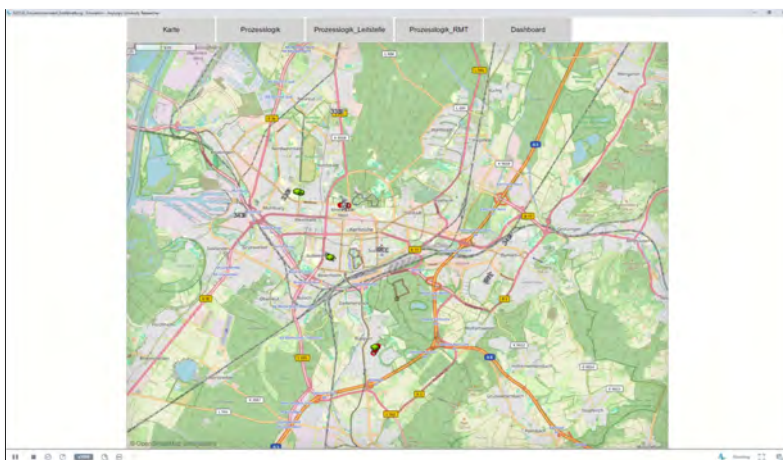
Output

Abschätzung von:

- Erreichungsgrade Planungsfristen
- Eintreffzeiten
- Prähospitalzeiten
- Auslastungen Rettungsmittel
- Systemgrenzen
- ...

- Vorgeschlagene Standorte
- Vorgeschlagene Vorhaltung

Planungsmethodik - Simulation



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

Planungsmethodik - Simulation



Wann lohnt sich Simulation?

Experimente im realen System sind:

- Zu aufwändig
- Zu teuer
- Nicht replizierbar
- Unmöglich (reales System existiert noch nicht)
- Nutzung von Optimierungsmodellen nicht ausreichend

Wofür kann Simulation eingesetzt werden?



Planung



Prognose



Leitstand

Was kann Simulation?

Simulation kann als virtuelle Planungsumgebung in Entscheidungsprozessen genutzt werden, um iterativ „**Was wäre wenn...**“-Fragen beantworten.

25

FZI Forschungszentrum Informatik

30.07.26

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 03.106.16

VDI-RICHTLINIEN

July 2020
July 2020

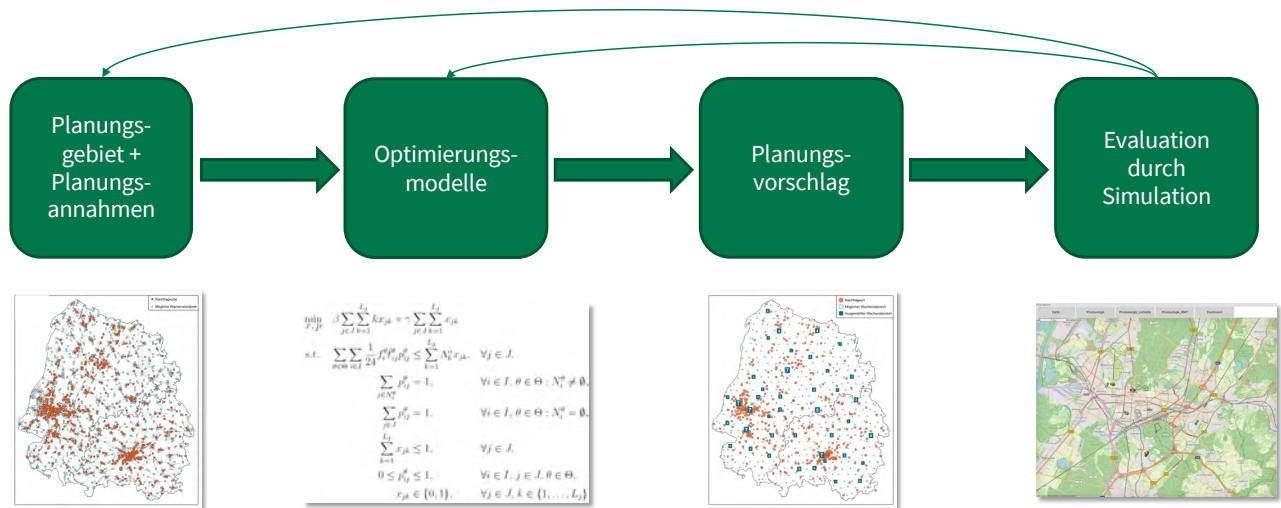
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE	Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen Simulation und Optimierung Simulation of systems in materials handling, logistics, and production Simulation and optimisation	VDI 3633 Blatt 12 / Part 12
		Ausg. deutsch/englisch Issue German/English

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.

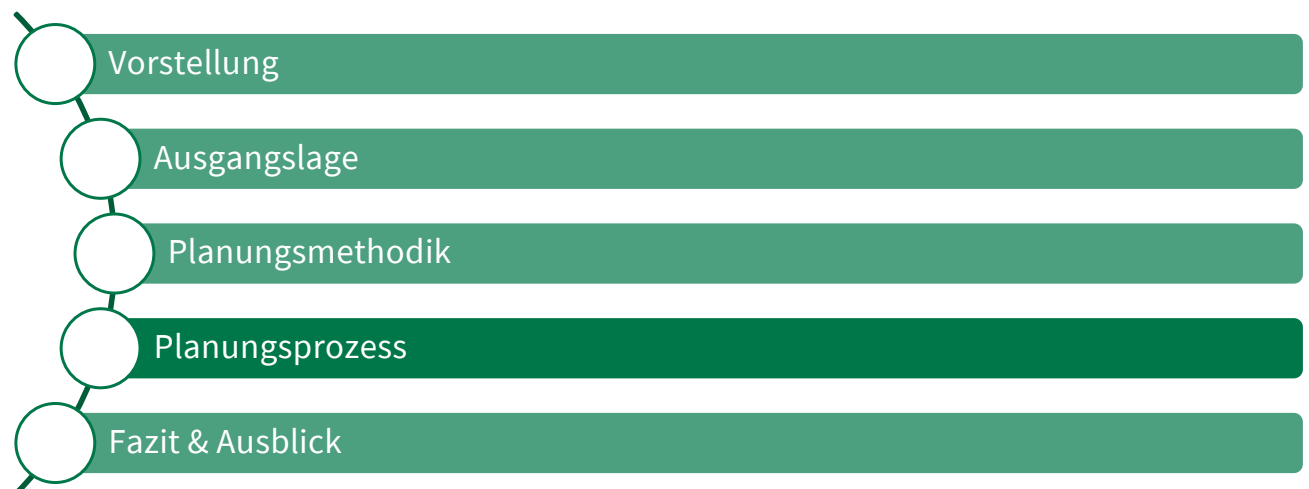
Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note.....	2
Einleitung	2	Introduction	2
1 Anwendungsbereich	3	1 Scope	3
2 Charakterisierung von Optimierungsproblemen	3	2 Characterisation of optimisation problems	3
3 Kategorisierung der Verknüpfung von Simulation und Optimierung	4	3 Categorising 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

29.09.2022



Agenda

Landesweite Begutachtung konkret



Planungsprozess

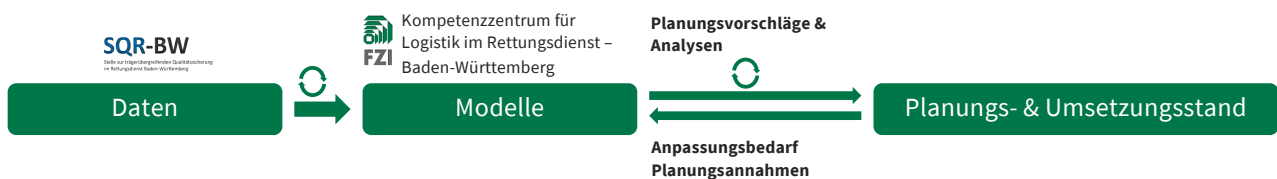


29

FZI Forschungszentrum Informatik

30.07.26

Planungsprozess



Moderne Planungswerkzeuge ermöglichen:

- Durchgängige Begleitung des Planungs- und Umsetzungsprozesses mit Planungsvorschlägen und Analysen
- Berücksichtigung des aktuellsten Datenstands
- Integration neu auftkommender Informationen in die Planung (Krankenhausschließungen, Umsetzbarkeit von geplanten Standorten, ...)
- Wiederverwendbarkeit der Methoden und Planungswerkzeuge

30

FZI Forschungszentrum Informatik

30.07.26

Agenda

Landesweite Begutachtung konkret



Fazit & Ausblick



Änderungen in der Planung

- Landesweit statt Bereichsbezogen
- Differenzierte Planungsfristen statt undifferenzierter Hilfsfrist
- Simultane Standortplanung statt schrittweiser Anpassung
- Lebendes statt statisches Gutachten
- Proaktiver, rollierender Planungsprozess statt reaktiven Änderungen

Neue Möglichkeiten

- Reduktion von Über- oder Unterplanung entlang politischer Grenzen
- Planung ausgehend von Patientennutzen
- Berücksichtigung der Interaktion zwischen Standorten
- Proaktiver statt reaktiver Planungs- und Umsetzungsprozess
- Anpassung an Änderungen im Planungsprozess

Kontakt



FZI Forschungszentrum Informatik

Stefan Nickel
stefan.nickel@kit.edu

Sven Watzinger
watzinger@fzi.de

www.fzi.de

