



**Facharbeit**

Thema:

**Disposition des nächstgelegenen Rettungsmittels**

Dienststelle:

Institut der Feuerwehr NRW

Verfasser:

Brandreferendar

Dipl.-Geophys. Paul Wehry

Döhmannstr. 20

48565 Steinfurt

Laufbahngruppe 2, 2. Einstiegsamt

8. Ausbildungsabschnitt

Abgabetermin:

21.12.2018

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b><i>Einleitung</i></b>	<b>1</b>
1.1	Der Notruf	1
1.2	Zielsetzung	1
<b>2</b>	<b><i>Grundlagen</i></b>	<b>2</b>
2.1	Stand der bisherigen Literatur	2
2.2	Fahrzeiten	3
2.3	Vorstellung der bisheriger Dispositionsstrategien	4
<b>3</b>	<b><i>Eine optimale Streckenführung</i></b>	<b>6</b>
3.1	Voraussetzungen / Grundannahmen	6
3.2	Die grundlegenden Prinzipien der Streckenführung	6
3.3	Optimierungspotential bei der Streckenführung	8
3.4	Herausforderungen	14
3.5	Optimierung der Disposition	17
<b>4</b>	<b><i>Vergleich verschiedener Dispositionsstrategien</i></b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b><i>Fazit</i></b>	<b>19</b>
5.1	Zusammenfassung	19
5.2	Ausblick	20
	<b><i>Anhang</i></b>	<b>I</b>
	<b><i>Abbildungsverzeichnis</i></b>	<b>V</b>
	<b><i>Tabellenverzeichnis</i></b>	<b>VI</b>
	<b><i>Abkürzungsverzeichnis</i></b>	<b>VII</b>
	<b><i>Literaturverzeichnis</i></b>	<b>VIII</b>
	<b><i>Verzeichnis der Gesprächspartner</i></b>	<b>XIII</b>
	<b><i>Ehrenwörtliche Erklärung</i></b>	<b>XIV</b>

## **Anmerkungen**

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im Text nur die männliche Form verwendet. Gemeint ist sowohl die weibliche als auch die männliche Form.

# 1 Einleitung

## 1.1 Der Notruf

Im Falle eines medizinischen Notfalls in Deutschland wird unter der Notrufnummer 112 nach einer Entdeckungs- und Meldezeit die Leitstelle alarmiert. Der Disponent nimmt den Notruf entgegen und identifiziert den Notfall als Einsatz für den Rettungsdienst. Er entscheidet über die Entsendung des passenden Rettungsmittels<sup>1</sup> und alarmiert dieses. Im weiteren Verlauf des Notrufs leistet er bei Bedarf Hilfe am Telefon. Das alarmierte Rettungsmittel fährt die Einsatzstelle an und stabilisiert den Patienten. Im Anschluss erfolgt bei Bedarf der Transport des Patienten ins Krankenhaus. Damit ist die präklinische Phase abgeschlossen.

Die Disposition, also die Zuteilung der Rettungsmittel zu einem Einsatz, ist in Bezug auf den Einsatzerfolg von entscheidender Bedeutung. Allem voran steht die Frage: „Wer hilft am besten?“. Dies wird häufig gleich gesetzt mit: „Wer hilft am schnellsten?“.

## 1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Facharbeit ist die Optimierung der Hilfsfristen, um diese zu verkürzen. Ein Zeitgewinn führt zu einer besseren Versorgung und hilft dem Patienten dadurch direkt. (2) Hierzu wird ein Algorithmus in Form eines Baukastens entwickelt. Die einzelnen Bausteine des Baukastens können – in Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten – gewichtet angewandt werden. Es ist nicht erforderlich alle Bausteine (sofort) umzusetzen, da sie auch einzeln optimierend wirken. Dieser Ansatz wurde gewählt, um möglichst flexibel auf die unterschiedlichen örtlichen Voraussetzungen und Anforderungen eingehen zu können. Ausgangspunkt hierfür ist die Disposition des nächstgelegenen Rettungsmittels. Das nächstgelegene Rettungsmittel impliziert das Rettungsmittel mit der kürzesten Entfernung zum Einsatzort. Dies ist im Allgemeinen auch das Rettungsmittel, welches am schnellsten vor Ort ist. In der Realität haben eine Reihe weiterer Faktoren Einfluss auf die Fahrzeit des Rettungsmittels und werden in dieser Arbeit betrachtet.

Auf den Einsatz im Brandschutz oder in der Technischen Hilfeleistung sowie in der Polizeiarbeit wird nicht eingegangen, obwohl die Erkenntnisse (teilweise) übertragbar sind. Luftrettungsfahrzeuge werden nur am Rande betrachtet, da sie nicht an Straßen gebunden sind und somit im Grundsatz die Gleichung – kürzeste Entfernung entspricht kürzeste Fahrzeit – sehr gut angewendet werden kann. Nicht betrachtet wird der Krankentransport, da sich das System massiv von der Notfallrettung unterscheidet, insbesondere auch in der Disposition. Hier können, wenn auch angepasst, die Lösungen und Algorithmen der Logistikbranche angewandt werden.

---

<sup>1</sup> Das Rettungsdienstgesetz NRW (1) definiert Rettungsmittel als Fahrzeuge, die für die Notfallrettung und den Krankentransport speziell ausgerüstet sind (Notarztwagen/NAW, Rettungswagen/RTW, Krankentransportwagen/KTW), den Transport eines Notarztes zur Einsatzstelle (NEF) sowie Luftfahrzeuge, welche für die Notfallrettung und den Krankentransport in der Luft eingesetzt werden.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Stand der bisherigen Literatur

Das Thema „Auswahl des besten Rettungsmittels“ ist in der Literatur nur sehr rudimentär behandelt. (3, 4) Es gibt in der Literatur eigentlich nur zwei Aussagen zu diesem Thema: Einerseits wird es als trivial und selbstverständlich angesehen, dass das Fahrzeug mit der kürzesten Fahrzeit entsandt wird (5–7), auf der anderen Seite ist seit geraumer Zeit in der Literatur der Beweis erbracht, dass eine reine Anwendung der Nächste-Fahrzeug-Strategie zu Problemen führt, da die Art und Dringlichkeit des Notfalls nicht in die Entscheidung einbezogen werden. (8–12) Von besonderem Interesse sind hierbei mathematische Ansätze, die die durchschnittliche Reaktionszeit des Rettungsdienstes betrachten. Sie beweisen, dass entgegen der eigentlichen Intuition, die Nächste-Fahrzeug-Strategie zu einer Verschlechterung der durchschnittlichen Antwortzeiten des Rettungsdienstes führt. (13–16)

In Schweden findet in der Notfallrettung eine Einbeziehung der Dringlichkeit eines Einsatzes in der Disposition statt. Die Einflüsse auf die Disposition und die daraus resultierenden Möglichkeiten, wie zum Beispiel die Umleitung von sich auf Anfahrt befindlichen Rettungsmitteln, stellen interessante Aspekte, insbesondere für ländliche Regionen, dar. (10, 17) Auch in der Forschung aus den Niederlanden und der Schweiz wird dies beobachtet. (5, 13, 18) Die Schwerpunkte lagen hierbei leicht unterschiedlich, was auf die lokalen Besonderheiten zurückzuführen ist: In Schweden sind dies die große zu versorgende Fläche, in der Schweiz die anspruchsvolle Topographie und in den Niederlanden die durch die großen Einsatzbereiche der Leitstellen fehlende Ortskenntnis der Disponenten. Eine gute Simulation eines Rettungsdienstsystems mit zwei Typen an Fahrzeugen, vergleichbar KTW und RTW sowie der Einbeziehung von Prioritäten der Notfälle beschreiben Sudtachat et al. (19)

Im amerikanischen Raum spielt bei der Planung der Notfallrettung insbesondere die Verlagerung (engl. relocation) von Rettungsmitteln eine große Rolle. (9, 20) Die Grundüberlegung hierbei ist, dass die Rettungsmittel möglichst nah an die statistisch zu erwartenden Einsatzorten gebracht werden und somit durch geschickte Verteilung eine möglichst optimale Abdeckung erreicht wird. Eine Schwierigkeit dieser Methode ist, dass jede Alarmierung im schlimmsten Fall dazu führt, dass der Standort jedes Rettungsmittels, welches gerade nicht im Einsatz ist, geändert werden muss.

Interessant ist der Ansatz von Andersson und Värbrand (10), welche Notfallprioritäten, (Einsatz-)Bereitschaft (engl. preparedness), Disposition und Verschiebung in Kombination betrachten. Schwerpunkt ihrer Arbeit ist das Maß der Einsatzbereitschaft des Rettungsdienstes. Ein weiterer wichtiger Aspekt sind die Fahrgeschwindigkeiten für Fahrzeuge mit Sonderrechten. Diese werden gesondert im Abschnitt 2.2 behandelt.

Sind Art des Notfalls, Ort und Behandlungsdauer im Voraus bekannt, so kann eine optimale Zuordnung der Rettungsmittel bestimmt werden. Die berechnete Disposition stellt ein bestmögliches Ergebnis für die Optimierung des Rettungsdienstes dar. Interessant hierbei ist, dass der maximale zeitliche Zugewinn bei dieser theoretischen, optimalen Lösung 23% beträgt. Bei einer Hilfsfrist von 15 Minuten sind dies fast 3,5 Minuten, welches durch bessere Entsendung der Fahrzeuge theoretisch erreicht werden könnte. (21)

## 2.2 Fahrzeiten

Die Grundlage für die Berechnung von Fahrzeiten ist das Weg-Zeit-Gesetz. (22) Entsprechend sind zwei Informationen zwingend erforderlich, um eine korrekte Berechnung durchzuführen:

- Detaillierte Karten des Straßennetzes, um die Streckenlänge zu kennen
- Fahrgeschwindigkeit (mit Sonderrechten) der jeweiligen Strecke

Denn die Überwindung eines Abstands von wenigen hundert Metern kann beispielsweise bei Stau Stunden dauern und sich ein Umweg (Umgehungsstraße) von einem Kilometer lohnen, wenn die mögliche Geschwindigkeit auf der Strecke erheblich höher ist.

Grundsätzlich kennen alle handelsüblichen Navigationsgeräte diese Informationen, jedoch weicht das Fahrverhalten bei Rettungsmitteln im Einsatz elementar von dem normaler PKW ab: Es dürfen Geschwindigkeitsbeschränkungen übertreten, Abbiegevorschriften missachtet und Einbahnstraßenregelungen ignoriert werden.

Herweg und Wagner haben sich intensiv mit den durchschnittlichen Geschwindigkeiten (ohne Alarmfahrt) in deutschen Städten beschäftigt. (23) Die mittlere Geschwindigkeit ist hierbei ortsspezifisch und schwankt zwischen 20 und 26 km/h. Diese Geschwindigkeiten beziehen sich jedoch explizit auf die Fahrgeschwindigkeiten des normalen Verkehrs. Gemäß der Empfehlung der Angaben der Bundesanstalt für Straßenwesen (24) und dem Landesfeuerverband (LFV) Hessen ist hier von einer Geschwindigkeit bei Alarmfahrten von 40 km/h innerorts und 60 km/h außerorts auszugehen. (25) Geschwindigkeiten, die weit über den erlaubten Limits liegen, sind bei Alarmfahrten weder zu erwarten noch unter rechtlicher Würdigung der Gefährdung der Allgemeinheit einzuplanen. Das OVG Lüneburg schließt bei der Rettungsdienstbedarfsplanung explizit den höheren Wert von 80 km/h anstelle von 60 km/h aus. (26) In der Rechtsprechung sind 78 km/h anstelle von erlaubten 50 km/h, bzw. 161 km/h auf einer autobahnähnlich ausgebauten Straße bei erlaubten 100 km/h kurz vor Ende der Beschränkung als zulässig anzusehen. (27, 28) Dies sind obere Werte für die Geschwindigkeitsüberschreitung und da diese Einzelfälle in Randzeiten bzw. in der Nacht stattfanden, ist das gebührend zu berücksichtigen. Viele Dienststellen haben in hausinternen Regelungen Überschreitungen von maximal 20 km/h als Obergrenze festgelegt. Ausführlich werden die Aspekte der Sonderrechte in der einschlägigen Literatur erörtert. (29)

Starken Einfluss auf die Geschwindigkeit, bzw. die Beschleunigung hat das Fahrzeug: Abmessungen, Masse und Motorisierung entscheiden über das Vorankommen. Ein kleines, sprintstarkes und wendiges NEF kommt schneller voran, als ein größerer und schwererer RTW. Änderungen im Erscheinungsbild von Städten, insbesondere Kreisverkehre und die Verkehrsberuhigung von Wohnstraßen, haben einschneidenden Einfluss auf die Geschwindigkeit. Die Verkehrsberuhigung erfordert schmale und unübersichtliche Querschnitte, dies schließt schnelles Vorankommen größerer Fahrzeuge grundsätzlich aus. (30)

Weitere Aspekte, die das Vorankommen im Straßenverkehr beeinflussen, sind die Topographie in Bezug auf Steigungen, Verkehrsberuhigung sowie der Abbiegevorgang an sich. Es ist ein Unterschied, ob auf ebener Strecke oder bei 10% oder 20% Steigung gefahren wird. Verkehrsberuhigung und schnelles Vorankommen schließen sich prinzipiell aus. Der zunehmende Individualverkehr verstärkt diesen Effekt. Abbiege-

vorgänge benötigen unterschiedlich viel Zeit. Hierbei ist es am einfachsten nicht abzubiegen und auf der Straße zu bleiben, beim Rechtsabbiegen wird einzig der Verkehrsraum der Fußgänger und Radfahrer durchquert, während beim Linksabbiegen zusätzlich auch der Gegenverkehr gequert werden muss. (31)

Eine Methode, um realistische Fahrzeiten im Zuständigkeitsbereich zu bestimmen, sind Messfahrten unter Sonderrechten. (7) Die Nutzung von Sonderrechten nur zur Erhebung von Geschwindigkeiten ist aus heutiger Sicht nicht mehr zeitgemäß bzw. eventuell auch nicht rechtmäßig. Unterschieden werden sollten bei den Messungen der Fahrzeugtyp, die Tageszeit, der Wochentag und die Witterungsverhältnisse. Bei Messfahrten, jedoch mit Löschfahrzeugen, wurde 2008 für die Stadt Solingen in Form eines Gutachtens die Geschwindigkeitsverteilung als Grundlage für die Brandschutzbedarfsplanung erstellt. (32) Heute ist eine kontinuierliche Messdatenerfassung im normalen Betrieb möglich. Diesen Ansatz verfolgte auch eine Diplomarbeit an der HAW Hamburg, bei welcher die Bewegungsdaten von RTWs und NEFs für zwei Monate aufgezeichnet und ausgewertet wurden. (33) Ergebnis der Arbeit ist eine Tabelle für Geschwindigkeiten in Abhängigkeit des Fahrzeug- und Straßentyps. (Anlage 3) Diese Daten können, bezogen auf die spezifischen örtlichen Gegebenheiten, aus den Einsatzdaten gewonnen werden und geben dadurch eine gute Grundlage für die Fortschreibung der Planung. Dieser Prozess nähert sich kontinuierlich den realen Geschwindigkeiten an und kann dadurch auch auf Veränderungen im Straßenverkehr reagieren.

## 2.3 Vorstellung der bisheriger Dispositionsstrategien

In dem folgenden Unterkapitel werden gängige Dispositionsstrategien vorgestellt.

### 2.3.1 Rückfahrt zur Wache bzw. Verbleib am Transportziel

Diese Einsatzstrategien betrachten primär, wie sich die Fahrzeugbesatzung nach dem Einsatz verhalten soll. Der Name dieser Strategien beschreibt bereits sehr gut das Verhalten. Der Standardfall in Deutschland ist, dass das Fahrzeug zurück zur Wache fährt.

### 2.3.2 Gebietsabsicherung

Die Positionierung an einsatztaktisch sinnvollen Stellen, auch bekannt als Mobile Wache- oder Stellplatzstrategie. Sie wird insbesondere in zwei Fällen angewandt: Erstens wenn bestimmte Einsatzschwerpunkte erfahrungsgemäß auftreten bzw. absehbar sind wie z. B. im Falle von Demonstrationen, zweitens wenn in einem Bereich durch einen Einsatz eines Rettungsmittels die Einhaltung der Hilfsfrist für einen weiteren Einsatz nicht mehr sichergestellt werden kann und durch Umpositionierung eines freien Rettungsmittels dieser Bereich wieder abgedeckt wird. Abgesehen von der Einsatzvorplanung ist dies in ländlichen Regionen, insbesondere in den Randgebieten, sinnvoll.

### 2.3.3 Zuweisungsstrategie

Die Zuweisungsstrategie sieht eine Trennung zwischen Krankentransport und Notfallrettung vor. Eine strikte Trennung hat Vorteile, da der Krankentransport im Vorfeld disponiert werden kann, jedoch führt eine Unterdeckung im Krankentransport zu einer Erhöhung von Einsätzen in der Notfallrettung. (34) Die Zuweisungsstrategie stellt weniger eine Dispositionsstrategie als eine grundlegende taktische Überlegung dar. Der

Grundgedanke hierbei ist, ob die Vorhaltung in der Notfallrettung geschwächt wird, um eine höhere Kapazität im Krankentransport zu erreichen. Neben der geringeren Abdeckung ist hier sicherlich auch der Kostenaspekt zu beachten, da der Einsatz eines RTWs höhere Kosten auslöst, als der Einsatz eines KTWs. Gegenüber den Krankenkassen kann jedoch nur der Einsatz eines KTWs abgerechnet werden. (35)

#### 2.3.4 Nächstes-Fahrzeug- Strategie

In diesem Ansatz wird das Fahrzeug mit der geringsten Entfernung zum Notfall entsendet. Dieser Ansatz ist allen Beteiligten sehr einfach zu vermitteln, weil das Fahrzeug nach menschlicher Intuition am schnellsten vor Ort ist. Daher ist dies meistens die Strategie der Wahl. In mehreren Bundesländern ist die Nächste-Fahrzeug-Strategie im Rettungsdienstgesetz vorgeschrieben oder impliziert. (Anlage 2)

Früher basierte diese Strategie auf der Erfahrung des Disponenten, der das Einsatzgebiet kannte, die erfahrungsgemäße Auslastung der Straßen und die ungefähren Positionen der Rettungsmittel im Kopf hatte. Dadurch konnte er die Fahrzeiten schätzen und das schnellste Rettungsmittel auswählen. Das Ergebnis hing somit stark von dem den Notruf annehmenden Disponenten ab. Heute wird durch IT-Unterstützung oder Bereichsfolgen die Nächste-Fahrzeug-Strategie, unabhängiger vom Wissen und den Erfahrungen des Disponenten, umgesetzt.

#### 2.3.5 Bereichsfolgen

Als Hilfsmittel für Disponenten bei Anwendung der Nächsten-Fahrzeug-Strategie wurden Bereichsfolgen entwickelt. Eine Bereichsfolge ist eine definierte Alarmierungsreihenfolge von Rettungsmitteln. Diese bezieht sich entweder auf ein Gebiet oder bei feinerer Betrachtung auf eine Straße bzw. teilweise sogar die einzelne Hausnummer.

Die Bereichsfolge definiert das primär zu entsendende Fahrzeug. Ist dieses nicht verfügbar, gibt sie die Reihenfolge der weiteren zu entsendenden Fahrzeuge vor. Früher bildeten die Bereichsfolgen die Erfahrung der Disponenten ab. Heutige Bereichsfolgen können unter Zuhilfenahme von Geoinformationssystemen erzeugt werden. Bei diesen aktuell eingesetzten Lösungen bilden die Bereichsfolgen das Kriterium „kürzeste Fahrzeit“ ab. Dies gilt natürlich nur für ein ruhendes System ohne Einsätze, da sich die Fahrzeuge im Einsatzgebiet bewegen und die Bereichsfolgen eine statische Lösung darstellen. Bereichsfolgen können auch händisch, z.B. beim Ausfall der IT-Infrastruktur, per Tabelle genutzt werden.

#### 2.3.6 Nächstes-Fahrzeug-Strategie mit Prioritäten

In Schweden wird die Nächste-Fahrzeug-Strategie unter Zuhilfenahme von Prioritäten der Notfälle angewandt. Die Notfälle werden in drei Prioritäten einsortiert:

- Prio 1: dringend, lebensbedrohliche Symptome
- Prio 2: dringend, keine lebensbedrohlichen Symptome
- Prio 3: nicht dringend

Ähnliche Ansätze finden sich auch in einer Vielzahl von anderen Ländern. Die Hilfsfrist ist hierbei abhängig von der Priorität und steigt mit abnehmender Dringlichkeit. Die daraus resultierenden Vorteile bilden eine Grundüberlegung für einen Teil der Optimierungen. Wichtiger Unterschied zu Deutschland ist, dass die Hilfsfrist nicht starr ist.

## 3 Eine optimale Streckenführung

### 3.1 Voraussetzungen / Grundannahmen

Für eine fundierte Entscheidungsfindung müssen die dafür notwendigen Informationen zum Zeitpunkt der Entscheidung vorliegen. Im Falle eines medizinischen Notfalls müssen mindestens Dringlichkeit und Ort des Notfalls bekannt sein. Um alle Eventualitäten abzufragen und um eine immer gleichbleibende Qualität der Entscheidung herbeizuführen, ist eine strukturierte Notrufabfrage zwingend erforderlich. Die so gewonnenen Informationen beeinflussen die Entscheidung für oder gegen ein Rettungsmittel. Die Entscheidung muss nachvollziehbar sein, um im Zweifelsfall vor Gericht beweisen zu können, dass das geeignete Rettungsmittel für den Patienten gewählt wurde.

Eine Priorisierung wie im Ausland findet in Deutschland nur zu einem gewissen Grad statt. Obgleich dies aus der Erfahrung her sinnvoll ist und z.B. in Schweden zu einer Verbesserung der Versorgung geführt hat, (10, 36) steht dies jedoch nicht im direkten Einklang mit einigen Rettungsdienstgesetzen (vgl. Anhang 3) der Bundesländer. Einige Priorisierungsansätze sehen – ohne Betrachtung der Dringlichkeit des Patienten – die Entsendung des schnellsten eintreffenden oder nächsten Rettungsmittels vor. Bei starker Auslastung der Notfallrettung wird bei Einbeziehung der Priorität des Notfalls in die Disposition ein neuer dringlicher Notfall zuerst bedient. Dadurch ist es theoretisch möglich, dass ein nicht so dringlicher Notfall über lange Zeit nicht bedient wird. In Schweden wird dies dadurch verhindert, dass bei der Disposition die aktuelle Wartezeit mit einbezogen wird und durch die steigende Wartezeit der eigentlich nicht so dringliche Einsatz höher priorisiert wird. Positiver Nebeneffekt dieser Vorgehensweise könnte auch eine steigende Resilienz (Widerstandsfähigkeit) bzw. Selbsthilfefähigkeit der Bevölkerung sein. Als 2016 während des Anschlages in München im Olympiazentrum innerhalb des Innenstadtring die Notfallrettung eingestellt wurde, wurde im Nachhinein festgestellt, dass einige der Notfallpatienten aus dem Innenstadtbereich sich problemlos alleine zum Arzt oder ins Krankenhaus begeben haben. (37)

Die Einsatzzahlen im Rettungsdienst steigen stetig seit Jahrzehnten im hohen, teilweise zweistelligen Prozentbereich. (38, 39) Der hieraus resultierende Bedarf für eine Priorisierung wächst insbesondere unter Einbeziehung des hohen Kostendrucks immer weiter. (40) Im Falle eines Massenankunft von Verletzten (MANV) ist dies bereits anerkannter Standard.

### 3.2 Die grundlegenden Prinzipien der Streckenführung

Navigationssysteme bilden seit vielen Jahren ein gewohntes Bild im Fahrzeug. Technisch werden die dahinterliegenden Algorithmen kontinuierlich verbessert. Sonderlösungen z.B. für Campingmobile oder LKWs sind ebenfalls seit geraumer Zeit in der Fläche verfügbar. In der Logistikbranche werden spezielle Lösungen für die Streckenführung verwendet, um auf Besonderheiten einzugehen. Basierend auf bestehenden Lösungen bzw. Daten werden auch für den Einsatz im Rettungsdienst Navigationsgeräte entwickelt. Die Grundregeln für die Streckenführung können hierbei übernommen werden, es gibt jedoch auch Abweichungen:

Im Einsatzfall dürfen Einsatzfahrzeuge zum Beispiel Sonderspuren nutzen und Abbiegeverbote ignorieren. Die daraus resultierende Gefährdung und rechtliche Aspekte werden in Kapitel 3.4.3 noch detailliert erörtert, an dieser Stelle reicht es aus

festzuhalten, dass aus verschiedenen, erlaubten Regelverstößen unterschiedlich große Gefährdungen resultieren. Diese Sonderregeln und daraus resultierenden (erhöhten) Risiken müssen dem Navigationsgerät beigebracht werden, sollten diese bei der Streckenführung einbezogen werden. Des Weiteren muss das Navigationsgerät wissen, dass Sonderregelung nur angewendet werden dürfen, wenn das Fahrzeug mit Sonderrechten unterwegs ist.

Grundlage einer jeden Streckenführung sind aktuelle Karten. Hierbei gibt es zwei unterschiedliche Ansätze: Die Karten können bei kommerziellen Anbietern gekauft oder selbst generiert werden. Beim Kauf der Karten sind diese durch einen Anbieter gepflegt und sollten somit aktuell sein. Probleme sind hierbei Sonderwege, (z.B. Behelfsauffahrten, Ausfahrten an Feuerwachen), welche manuell eingepflegt werden müssen, da z.B. besondere Wege für Rettungsmittel in den Karten nicht eingezeichnet sind. Ähnliches gilt für Sondergenehmigungen zum Beispiel im Bereich von Gewichtsbeschränkungen, die zwar für normale Fahrzeuge gelten, aber nicht für Einsatzfahrzeuge. Die Stadt Zürich beispielsweise aktualisiert die Karten, welche zugekauft werden, in einem zwei Wochen Rhythmus. Wenn sichergestellt ist, dass der Pflegeaufwand bei einem Update gering ist, können die Karten häufig aktualisiert werden.

Der einmalige Erstellungsaufwand bei eigenen Karten erscheint auf den ersten Blick ungleich größer, auch der kontinuierliche Pflegeaufwand, jedoch zeigen Erfahrungen aus Wuppertal und Solingen, dass der Aufwand in etwa ähnlich groß zu kommerziellen Karten ist. Wenn die Zusammenarbeit zwischen den Ämtern gut abgestimmt und eingespielt ist, kann der gesamte Erstellungsprozess beeinflusst werden. So können zum Beispiel mit Genehmigung eines Bebauungsplanes bereits die Straßen und Hausnummern in die Karten eingepflegt werden. Die Daten stehen damit bereits in der Bauphase der neuen Gebäude zur Verfügung. Da die Stadt oder die Gemeinde immer an Veränderungen am Straßennetz beteiligt ist, sind selbst gepflegte Karten hausintern mit erträglichem Aufwand und Abstimmungsbedarf aktuell zu halten. Die Situation ist bei einer kreisfreien Stadt sicherlich einfacher als bei einem Kreis, der die Daten von allen kreisangehörigen Städten und Gemeinden aggregieren muss. Aktuell sind die Kosten der Mitarbeiter, die sich um die Karten kümmern, nicht Teil der umlagefähigen Kosten, welche von den Krankenkassen übernommen werden. Eine Präferenz für eigene oder kommerzielle Karten als Basis für die Streckenführung lässt sich nicht eindeutig treffen, da sie stark von den örtlichen Voraussetzungen abhängt.

Reale Verkehrsdaten verbessern die Streckenführung von Navigationsgeräten im Heimgebrauch stark. Die Streckenführung versucht hierbei oftmals Staus zu umfahren. Dies kann jedoch bei Fahrten mit Sonderrechten den unerwünschten Effekt haben, dass die Anfahrt unnötig verlängert wird. Dies liegt wahrscheinlich in der Art der Daten, da diese für einen Abschnitt eine bestimmte Verzögerung in Minuten angeben, begründet. Der für diese Informationen notwendige Korrekturfaktor für Fahrten mit Sonderrechten, ist aber nicht bekannt. Die Aussage, ob ein Stau noch mit Sonderrechten passiert werden kann (Rettungsgasse) oder eben nicht, ist mittels der vorhandenen Daten sehr schwierig bis gar nicht zu treffen.

Neben längerfristigen Veränderungen am Straßennetz sind kurzfristige Sperrungen und Baustellen für die Streckenführung von großer Relevanz. Die Eingabe von daraus resultierenden Sperrungen und Einschränkungen muss unkompliziert möglich sein. Diese Eingaben ermöglichen eine vorausschauende Planung auch von komplexeren

Fällen mit wechselnden Sperrungen und Zugänglichkeiten. Eine Sperrung sollte hierbei als vollständige oder Teilsperre abgebildet werden können. Wichtig sind auch Informationen für Einsätze innerhalb dieser Baustelle, damit ein Rettungsmittel auf Anfahrt eine verlässliche Streckenführung, optimalerweise zum Einsatzort oder zum bestmöglichen Punkt in der Nähe des Einsatzortes, bekommt.

Das für die Streckenführung verwendete Kartenmaterial muss in dem Leitstellensystem und dem Navigationssystem gleich sein. Optimalerweise ist auch die eigentliche Streckenführung auf beiden Systemen identisch, damit das berechnete Ergebnis auch gleich ist. Ist dies nicht der Fall, kann es vorkommen, dass ein Fahrzeug aufgrund einer geschickten Streckenführung ausgewählt wird, das Navigationsgerät im Fahrzeug aber trotzdem in einen Stau führt. Kurzfristige Daten, z.B. von Baustellen, müssen zeitnah auf den mobilen Geräten verfügbar sein. Ebenso müssten diese Sperrungen und die Streckenführung auch auf dem Alarmfax abgedruckt werden, da ansonsten das Fax als Rückfallebene verloren gehen würde.

### 3.3 Optimierungspotential bei der Streckenführung

Aus den Fachgesprächen und der Literaturrecherche werden im Folgenden Aspekte ausgearbeitet, welche die Streckenführung und die daraus resultierende Auswahl des nächstgelegenen Rettungsmittels optimieren.

- Nutzung von Sonderrechten bei der Streckenführung
- Umleiten von auf Anfahrt befindlichen Rettungsmitteln
- Voralarm und Alarmierung nur mit einer groben Ortsangabe
- Alarmierungen am Krankenhaus
- Streckenführung per Fahrzeug und Fußweg
- Beeinflussung von Ampelsteuerungen
- Gebietsabsicherung

Die Bausteine werden in den einzelnen Unterkapiteln ausführlich erläutert.

#### 3.3.1 Nutzung von Sonderrechten bei der Streckenführung

Die grundlegende Frage ist die nach der Veränderung der eigentlichen Wegfindung des Fahrzeuges bei Fahrten unter Sonderrechten. In diesem Fall kann unter Berücksichtigung der Sicherheit der anderen Verkehrsteilnehmer von den Regeln der Straßenverkehrsordnung abgewichen werden. Für eine Streckenführung ist hierbei weniger das Überfahren von Rotlichtsignalen als vielmehr das Abbiegen entgegen der Straßenverkehrsordnung und das Befahren von Sonderspuren (z.B. Busspur, umgenutzte Bahntrasse als Fahrradautobahn, ...) von großer Bedeutung. Des Weiteren werden andere Durchschnittsgeschwindigkeiten in Abhängigkeit der Tageszeit und des Wochentages einbezogen.

Die rechtliche Würdigung einer geplanten Inanspruchnahme von Sonderrechten ist schwierig. Komplex zeigt sich dies beispielhaft beim Abbiegevorgang. Abbiegen nach rechts ist im Regelfall unkompliziert möglich. Es muss einzig auf Radfahrer und Fußgänger geachtet werden. Komplizierter wird die Situation beim Abbiegen nach links. In jedem Fall muss der Gegenverkehr ebenfalls gekreuzt werden. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Kategorie der genutzten Straßen. Es ist einfacher von einer Hauptstraße auf eine Nebenstraße abzubiegen als umgekehrt. So ist das Linksabbiegen von einer Wohnstraße auf eine mehrspurige Hauptstraße im Normalfall verboten, manchmal sogar baulich verhindert. Eine Risikobetrachtung ist kompliziert, da die Übergänge hier

sehr fließend sind und es stark auf die aktuelle Verkehrslage und bauliche Gegebenheiten vor Ort ankommt.

Einen Extremfall stellt die geplante Einfahrt gegen die Fahrtrichtung in eine Einbahnstraße dar. Die Risiken sind groß, insbesondere bei längeren Strecken, in Bezug auf mögliche Unfälle, sowie durch Gegenverkehr bedingtes Festfahren. Der hieraus resultierende Eingriff in die Entscheidungsrechte des Fahrers und Fahrzeugführers ist nicht zu vernachlässigen. Es muss jederzeit deutlich sein, dass die Verantwortung für die Fahrstrecke beim Fahrer liegt und dieser dem Navigationsgerät zwar vertrauen soll, jedoch selbst die finale Entscheidung treffen muss. In Abwägung der Risiken werden die höheren Geschwindigkeiten, veränderten Abbiegevorschriften und Nutzung von Sonderspuren von den meisten Fahrzeugführern als akzeptables Risiko erachtet. Eine durch das Navigationsgerät geplante Befahrung von Einbahnstraßen entgegen der Fahrtrichtung sollte im Rahmen der Streckenführung dahingegen ausgeschlossen sein. Hier wiegt das Unfallrisiko den potenziell sehr geringen Zeitzugewinn, bedingt durch das Risiko aufgrund anderer Verkehrsteilnehmer und der Enge der Straße seine Fahrt nicht mehr fortsetzen zu können, in keiner Weise auf.

Die durchschnittliche Geschwindigkeit von Fahrzeugen ist auf Hauptstraßen, unabhängig von der Tageszeit, zumeist schneller als in Nebenstraßen. Navigationssysteme führen, insbesondere in der Hauptverkehrszeit, häufig über Nebenstraßen, um zählfließendem Verkehr auszuweichen. Dies ist im Einsatzfall wenig zielführend, da trotz des größeren Verkehrsaufkommens die Möglichkeiten des normalen Verkehrs einem Fahrzeug mit Sonderrechten auszuweichen auf der Hauptstraße besser sind.

### 3.3.2 Umleiten von auf Anfahrt befindlichen Rettungsmitteln

Im Prozess der Bearbeitung eines Notrufes wird normalerweise nach der Alarmierung erst wieder mit der Rückmeldung bzw. Nachforderung durch das Rettungsmittel eine weitere Bearbeitung bzw. Betrachtung in der Leitstelle ausgelöst. Zwischen diesen zwei Zeitpunkten fährt das Rettungsmittel den Einsatzort an und beginnt mit seiner Arbeit. Es kann jedoch sein, dass vor dem Erreichen des Patienten ein anderes Rettungsmittel näher am Einsatzort frei wird oder kurze Zeit später nach der Alarmierung nah am Ausgangspunkt ein weiterer Notfall eintritt. In beiden Fällen ist eine Betrachtung einer Umleitung der sich bereits auf Anfahrt befindlichen Fahrzeuge sinnvoll. Unter Einbeziehung möglicher Notfallprioritäten wird dies noch zielführender, da in diesem Fall ein Rettungsmittel, welches zu einem nicht dringlichen Notfall unterwegs ist, als potenzielles Rettungsmittel mit der kürzesten Anfahrt zur Verfügung steht. Wird diese Vorgehensweise angewandt, so muss jedoch sichergestellt werden, dass bei einer hohen Auslastung der Notfallrettung die Patienten mit niedriger Priorität auch behandelt werden. Ähnlich wie in Schweden sollte die Wartezeit eine Rolle bei der Priorisierung des Einsatzes spielen. (36)

Dies erfordert einen umfassenden Überblick über die Situation im eigenen Verantwortungsbereich durch die Leitstelle. Die Erfahrungen aus Schweden zeigen jedoch, dass insbesondere in ländlichen Regionen, also bei langen Anfahrten, dieses Vorgehen zum Wohle der Patienten ist. Der Arbeitsaufwand der Leitstelle wird hierdurch erhöht, da zum Beispiel eine Umleitung nur erfolgen darf, wenn die Situation des Patienten, für den das Rettungsmittel ursprünglich eingeplant war, dies zulässt. Es muss auch eine mögliche Verschlechterung der Situation mit einbezogen werden und ggf. ein Rückruf erfolgen.

Der große Zugewinn ist jedoch, dass lebensbedrohliche Notfälle auch bei einer geringen Fahrzeugdichte schneller das richtige Rettungsmittel erhalten. Ferner werden Kreuzungsfahrten, bei denen sich die Besatzungen auf der Anfahrt zu unterschiedlichen Einsatzstellen treffen, vermieden und somit die Anzahl der Fahrten in benachbarte Wachgebiete verringert. Ein freiwerdendes Fahrzeug würde im Optimalfall eine Neuberechnung der Rettungsmittel auslösen und dann als Vorschlag an den Disponenten gehen, wenn sich hierdurch eine schnellere Lösung ergibt.

### 3.3.3 Voralarm und Alarmierung nur mit einer groben Ortsangabe

Die Voralarmierung von Einheiten ist im Bereich Brandschutz ein bekanntes Vorgehen, welches bei verschiedenen Feuerwehren in Deutschland eingesetzt wird. In der Notrufabfrage stellt sich zumeist relativ schnell heraus, um welchen Einsatztyp es sich handelt, jedoch sind noch nicht alle notwendigen Informationen abgefragt. Zu dem Zeitpunkt, an dem der Disponent die zuständige Einheit kennt, kann er diese über die anstehende Alarmierung informieren. Die Feuerwehrmänner begeben sich dann umgehend zum Fahrzeug und haben zum Zeitpunkt der Alarmierung die Schutzkleidung angelegt und sind abmarschbereit. Hier ergibt sich ein zeitlicher Zugewinn von ca. 90 Sekunden. Gleiches ist auch in der Notfallrettung möglich. Aktuell ist ein Rettungsmittel im Status 1 für das Einsatzleitsystem um 90 Sekunden attraktiver bzw. schneller als das Rettungsmittel in der Wache. (41)

Grundsätzlich sind zwei Szenarien für die Verkürzung der Dispositionszeit möglich. Eine klassische Voralarmierung analog zum Brandschutz, d.h. die Besatzung des Rettungsmittels wird bereits während der Notrufabfrage alarmiert und wartet am Fahrzeug auf die finale Depesche. In der Notfallrettung würde sich auch noch die folgende zweite Methode anbieten: Wenn die grobe Verortung des Notfalls bereits relativ früh festgestellt wird, so kann das Rettungsmittel bereits in die Richtung des Notfalls ausrücken und die genaue Anschrift und die Patientendaten per Funk auf der Anfahrt erhalten. Dies erfolgt wenige Minuten nach dem Ausrücken von der Wache. Ein solches Verfahren ist jedoch nur möglich, solange nicht eine wichtige Entscheidung bezüglich der Anfahrt getroffen werden muss. Entsprechend bietet sich diese Optimierung insbesondere bei weiteren Anfahrten an und bietet ein großes Potential bezüglich der Einhaltung der Hilfsfristen, da das Rettungsmittel bereits Strecke zurücklegen kann, während der Disponent die Details klärt. Im Kreis Warendorf wird dies bereits angewandt.

Werden die Zahlen der Empfehlung der Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren (AGBF-Bund) zugrunde gelegt, bieten beide Methoden einen kumulativen Zugewinn von ca. zwei bis vier Minuten bei Fahrzeugen in der Wache. Dies entspricht einem prozentualen Zugewinn von ca. 20 - 40% in der Fahrzeit. Bei Fahrzeugen, die im Status 1 sind, lässt sich die Alarmierung mit grober Richtung ebenfalls nutzen.

### 3.3.4 Alarmierungen am Krankenhaus

Die Rettungskette endet nach der Übergabe am Krankenhaus für den Rettungsdienst mit Wiederherstellung der Einsatzbereitschaft. Dies kann entweder am Krankenhaus selbst oder auf der Wache geschehen. Durch das Einsatzleitsystem sind die durchschnittlichen Zeiten einer Patientenübergabe am Krankenhaus gut zu ermitteln. Im Rahmen des Dispositionsvorschlages kann ein Fahrzeug, welches am Krankenhaus bei der Übergabe ist, vorgeschlagen werden, wenn ein zeitlicher Zugewinn statistisch möglich ist. Entscheidend hierbei ist eine Rücksprache mit der Fahrzeugbesatzung am Krankenhaus, da bezüglich der Übergabezeiten große Unsicherheiten und

Ungenauigkeiten bestehen. Auch der vorangegangene Einsatz muss in Bezug auf den Zustand von Besatzung und Fahrzeug mit einbezogen werden. Es muss sichergestellt sein, dass das Fahrzeug zeitnah frei, desinfiziert und mit ausreichend Verbrauchsgütern ausgestattet ist.

Ausgehende Annahme in diesem Beispiel ist, dass ein Rettungsmittel am Krankenhaus durchschnittlich 15 Minuten für die Übergabe braucht und dieses Rettungsmittel schon seit 13 Minuten am Krankenhaus in der Übergabe ist. Es kommt nun zu einem neuen Einsatz, bei dem das nächste freie Rettungsmittel 10 Minuten vom Einsatzort entfernt ist und das am Krankenhaus befindliche nur drei Minuten Fahrzeit hat. In diesem Fall wäre der zeitliche Vorteil fünf Minuten. Folglich würde sich – nach Rücksprache bezüglich der Einsatzbereitschaft des Rettungsmittels – die Alarmierung des Fahrzeuges am Krankenhaus, welches gerade noch in der Übergabe ist, empfehlen, da dieses schneller am Einsatzort sein kann. Dies darf sich jedoch nicht nachteilig auf beide Patienten auswirken. Wird ein Patient nach einem Sturz zum Beispiel in einer Vakuummatratze auf der Trage ins Krankenhaus gebracht und nach der Sichtung durch den Arzt von der Fahrzeugbesatzung zum Röntgen begleitet, verlängert sich hierbei zwar die Verweildauer am Krankenhaus, dem Patienten bleibt aber eine schmerzhaft und vermeidbare Umlagerung erspart.

Die Alarmierung von Fahrzeugen direkt vom Krankenhaus aus der Übergabe heraus ist, insbesondere im Bereich von Engpässen im Rettungsdienst, heute bereits gängige Praxis. Sie ist bei der Mannschaft äußerst unbeliebt, da aktuell selten eine Rücksprache stattfindet und die Alarmierung unabhängig von der aktuellen Situation erfolgt. Dies erzeugt zusätzlichen Stress bei der Übergabe, welcher sicherlich nicht im Sinne der betroffenen Patienten ist. Die Auswirkungen hiervon werden im Kapitel 3.4.1 im Detail betrachtet.

Ein begrenzender Faktor für die Alarmierung am Krankenhaus sind Verbrauchsgüter im Rettungsmittel. Eine Bevorratung dieser am Krankenhaus erfordert eine enge Abstimmung. Durch die geringe Anzahl an Krankenhäusern und allgemein geringeren Anzahl an Akteuren ist dies in ländlichen Regionen einfacher zu organisieren als in urbanen Regionen.

### 3.3.5 Streckenführung per Fahrzeug und Fußweg

Bisherige Navigationslösungen betrachten bei der Anfahrtberechnung zu einem Einsatzort den nächstgelegenen Punkt zum Einsatzort auf öffentlichen Verkehrswegen. Dieser muss jedoch nicht immer der Punkt sein, welcher am günstigsten für die Anfahrt ist. Insbesondere in enger Bebauung mit Hinterhöfen und privaten Zufahrten sind weitere Informationen erforderlich. Die Feuerwehr Wuppertal löst dieses Problem dadurch, dass die privaten Zufahrten und Zuwegungen manuell, am besten im Zuge des Genehmigungsverfahrens, bereits in die Kartendaten eingepflegt werden. Die genaue Verortung bzw. Zuwegung des Notfalls ist ein entscheidender Aspekt bei der Notrufabfrage.

In der Realität fährt die Besatzung so nah wie möglich an den Einsatzort und überwindet die restliche Strecke zu Fuß. Dies kann auch bei der Streckenführung mit einbezogen werden, birgt jedoch technische Herausforderungen. Ist der Notfall an einer Straße, so wird diese Methode eine direkte Anfahrt ohne Fußweg vorschlagen. Liegt der Notfall jedoch hinter einer Fußgängerbrücke, kann eine Anfahrt einer Seite der Brücke und ein Fußweg über die Brücke zum Patienten schneller sein.

Eine Kombination aus Anfahrt und Fußweg bildet die Realität besser ab als eine Streckenführung, die nur befahrbare Straßen betrachtet. Die Anforderungen an das Kartenmaterial sind jedoch größer, da Fußwege, Feldwege, befahrbare Flächen, etc. im Kartenmaterial vorhanden und aktuell sein müssen. Gleiches gilt für die Position des Notfalls, da, wenn diese ungenau ist, dieser Ansatz nicht zu einer Verbesserung, sondern potenziell zu einer Verschlechterung der Anfahrtszeit führt.

### 3.3.6 Beeinflussung von Ampelsteuerungen

Wenn der Verkehr fließt, ist die Durchfahrt mit Sonderrechten im Normalfall gut möglich. Fahrer machen dem Rettungsmittel Platz und das Einsatzfahrzeug kann mit einer leicht höheren Geschwindigkeit als der restliche Verkehr vorankommen. Ein Problem stellen jedoch rote Ampeln dar. Regelmäßig sind PKW-Fahrer mit der Situation überfordert. Die einfache Lösung, aufgrund des Fahrzeuges mit Sonderrechten die rote Ampel zu überfahren, wird ignoriert und die Fahrer versuchen anderweitig Platz zu machen. Einsatzkräfte berichten, dass Verkehrsteilnehmer eher den Bordstein hochfahren und dabei ihr Auto beschädigen als über die rote Ampel zu fahren. Dieses grundsätzliche Problem im Verhalten bzw. die Unwissenheit der Autofahrer, dass dem Rettungsmittel der Weg frei zu machen und das Rotlicht zu ignorieren ist, ist auf absehbare Zeit nur mit einem großen Aufklärungsaufwand ähnlich der Rettungsgasse zu lösen. Die bessere Lösung besteht darin, dass der Autofahrer nicht in die Situation gebracht wird zwischen roter Ampel und einem Rettungsmittel zu stehen.

Navigationslösungen mit einer guten Internetanbindung können in Verbindung mit dem Einsatzleitsystem, die zentrale Ampelsteuerung einer Stadt darüber informieren, dass ein Rettungsmittel sich einer Kreuzung mit Sonderrechten nähert und in 30 Sekunden eine Grünphase in einer bestimmten Fahrtrichtung benötigt wird. Die Ampelsteuerung schaltet die benötigte Fahrtrichtung frei und sorgt damit dafür, dass der Verkehr in der Fahrtrichtung des Rettungsmittels fließt. Die Städte Freiburg und Böblingen haben gute Erfahrungen mit dieser Form der Ampelbeeinflussung gesammelt. Dies führt nicht nur zu einer Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit, sondern auch der Sicherheit aller Verkehrsteilnehmer, da das Rettungsmittel keine in Fahrtrichtung durch Lichtzeichen gesperrte Kreuzung befahren muss.

### 3.3.7 Gebietsabsicherung

Bei einer starken Auslastung der Rettungsmittel, im speziellen in ländlichen Regionen aufgrund der geringen Dichte an Rettungsmitteln, bietet sich die temporäre Verlegung von Rettungsmitteln an taktisch sinnvolle Standorte an, um eine bessere Gebietsabdeckung zu erreichen. Das Netz an Wachen ist jedoch auch in ländlichen Regionen vergleichsweise dicht im Vergleich mit z.B. den USA. Die Verschiebung von Rettungsmitteln an Standorte ohne Infrastruktur sollte auf ein Minimum reduziert werden, da aus Gründen der Fürsorge gegenüber den Arbeitnehmern z.B. sanitäre Einrichtungen zur Verfügung gestellt werden müssen. Dementsprechend kann diese Strategie nur für kurze Zeiträume genutzt werden und kein Dauerzustand sein. Insbesondere darf nicht jede Alarmierung dazu führen, dass eine größere Anzahl von freien Rettungsmitteln an andere Positionen verlegt werden, um eine geringfügige Verbesserung zu erzielen. Durch diese Praxis wird eine Unterdeckung bewusst in Kauf genommen.

Klassisch würde ein Rettungsmittel vom Krankenhaus zur Wache die schnellste Strecke fahren. Im Beispiel führt diese über eine Umgehungsstraße, wodurch bei einem Folgeinsatz die Fahrzeit bis zum Einsatzort aufgrund der geringen Anzahl Abfahrten

der Umgehungsstraße leicht verlängert wird. Die Gebietsabsicherung kann durch geschickte Streckenführung bei Leerfahrten verbessert werden. Würde das Rettungsmittel zum Beispiel durch den Ort geführt, wäre die Fahrtstrecke ein paar Minuten länger. Da das Rettungsmittel aber näher am nächsten Einsatzort bzw. genauer an mehr möglichen Fahrtstrecken zum nächsten Einsatzort ist, würde sich die Gebietsabsicherung verbessern. Die Verbesserung der Gebietsabdeckung durch eine geschickte Streckenführung auf Leerfahrten ist sicherlich eine zielführende Maßnahme, sie darf jedoch von der Besatzung des Fahrzeuges nicht missverstanden werden. Es besteht die Möglichkeit der Fehlinterpretation als Erhöhung der Anzahl der Einsätze für dieses Fahrzeug. Auf die hieraus resultierenden Problemstellungen wird im Kapitel 3.4.1 eingegangen.

### 3.3.8 Kontinuierlicher Prozess der Optimierung

Eine komplexe Navigationslösung ist ein System, welches kontinuierlich gepflegt und bearbeitet werden muss. Bei diesem Prozess entstehen Daten, die nach einer Aufbereitung im System wiederverwendet werden können. So werden durch die Fahrten der Rettungsmittel im Straßennetz unter Sonderrechten Daten erhoben, wie schnell ein Durchkommen möglich ist. Insbesondere für häufig befahrene Straßen können hier immer genauer werdende Daten in Abhängigkeit von Wochentag und Tageszeit bestimmt werden. Diese können wiederum als Grundlage für die Berechnung der Navigationslösung genutzt werden. Hierdurch wird kontinuierlich stattfindenden minimalen Veränderungen im Straßennetz, die Einfluss auf die Auslastung und Geschwindigkeit von Fahrtstrecken haben, Rechnung getragen.

### 3.3.9 Die weitere Transportkette – andere Rettungsmittel

Rettungshubschrauber stellen ein hervorragendes Einsatzmittel dar, wenn es um Geschwindigkeit und Unabhängigkeit vom eigentlichen Straßenverkehr geht. Negativ auf die Bilanz wirken sich die starke Abhängigkeit vom Wetter und den eingeschränkten Sichtflugmöglichkeiten, hohe Kosten und einer Einsatzbereitschaft lediglich bei Tageslicht dar. Ferner kann ein Hubschrauber nicht überall landen und es muss ggf. ein Transfer der medizinischen Besatzung organisiert und eingeplant werden. Trotzdem sind Hubschrauber ein wichtiger Bestandteil im Mix der Rettungsmittel. In einer Vielzahl von Szenarien ist er gut einsetzbar, insbesondere als Notarztzubringer bei zeitkritischen Einsätzen sowie als Transportkomponente, wenn ein Patient schnellstmöglich in ein (Spezial-)Krankenhaus transportiert werden muss. In beiden Fällen ist wiederum eine ganzheitliche Rettungskette notwendig. Der Hubschrauber muss, wenn der Transport eines Patienten in ein weit entferntes Krankenhaus erforderlich ist, frühzeitig alarmiert werden, sodass keine unnötigen Wartezeiten an der Einsatzstelle entstehen.

Ein weiterer Ansatz bei der Optimierung ist die Verwendung von speziellen Fahrzeugen für (Intensiv-)Verlegung über weite Strecken. Bei diesen Fahrten wird eine gesonderte Streckenführung nur einen sehr geringen Zeitvorteil bringen. Diese Fahrzeuge können daher besser für den Komfort während der Fahrt ausgerüstet werden und sollten gezielt disponiert werden. Dies ist für die Mannschaft angenehmer, da sie sich auf diese Verlegung vorbereiten können. Sie werden nicht alarmmäßig zu einer geplanten Verlegung entsandt, sondern wissen im Vorfeld, dass sie morgens einen Patienten abholen und erst abends wieder am Heimatstandort sind.

Ersthelfer-Apps oder First-Responder sind in letzter Zeit mehr in den Fokus gerückt. Wichtige rechtliche und vor allem datenschutzrechtliche Aspekte wurden geklärt. (42)

Streng genommen handelt es sich hierbei nicht um ein Rettungsmittel im Sinne des Gesetzes und die Hilfsfrist wird von einem Ersthelfer nicht gewahrt. Es verkürzt jedoch bei lebensbedrohlichen Notfällen das therapiefreie Intervall. Bei reanimationspflichtigen Patienten erfolgt somit schneller die Herz-Lungen-Wiederbelebung, eine kürzere, reanimationsfreie Zeit („Time is Brain“) führt wiederum zu besseren Chancen des Patienten. (43–45) Der Einsatz von Ersthelfern, egal ob als Einheit, per App oder anderweitig organisiert, ist bei lebensbedrohten Patienten (Prio 1) sinnvoll. In urbanen Regionen punktet die hohe Dichte an potenziellen Ersthelfern und in ländlichen Regionen könnten so weiße Flecken auf der Karte abgedeckt werden.

### 3.4 Herausforderungen

#### 3.4.1 Vertrauen und Akzeptanz

Die Umsetzung des in Kapitel 3.3 entwickelten Baukastens zur Optimierung der Disposition erfordert eine Lösung innerhalb der Leitstellensoftware. Bei einer komplexen Softwarelösung können alle Eventualitäten auch bei größtmöglicher Vorarbeit im Zuge von Tests nicht abgedeckt werden. Erst unter realen Bedingungen werden die letzten kleinen Fehler behoben. Bezogen auf das Rettungswesen würde das „auf der Straße“ bedeuten und für Skepsis bei den Nutzern sorgen. Dies muss im Zuge der Einführung der Software und auch bei Updates durch ausführliche und strukturierte Tests im Vorfeld auf ein Minimum reduziert werden. Eine Software, welche bei der Einführung zu viele Fehler hat und nicht verlässlich funktioniert, funktioniert aus Anwendersicht auch grundsätzlich nicht. Insbesondere gilt dabei zu beachten, dass der Notfallpatient im Vordergrund steht und Fehler daher unbedingt zu vermeiden sind.

Vertrauen in das Baukastensystem ist ein wesentlicher Aspekt in Bezug auf den Erfolg des selbigen. Dem Disponenten muss der hinter dem Baukasten stehende Algorithmus des Fahrzeugvorschlags verständlich gemacht werden. Optimalerweise werden ihm mehrere Rettungsmittel angeboten und er sieht verschiedene Parameter (z.B. Fahrzeit bis Einsatzort, Auswirkungen auf die Einsatzbereitschaft, Anzahl Einsätze Rettungsmittel) für die Bewertung. Auf diese Vorschläge und die Gewichtung muss er sich verlassen können. Da einige der oben genannten Bausteine auf den ersten Blick nicht unbedingt mit der Lebenserfahrung übereinstimmen, könnte das Vertrauen durch gezielte Schulungen, z.B. in Form von simulierter Leitstellentätigkeit, aufgebaut werden.

Ähnlich sieht es auch beim Vertrauen der Rettungsmittelbesatzungen aus. Die Besatzung muss dem Navigationsgerät vertrauen, das sie auf eine Fahrstrecke schickt, die sinnvoll, schnell und sicher ist. Dieses Vertrauen ist notwendig, da die geschickteste Streckenführung und der daraus resultierende Vorschlag nichts bringt, wenn die Besatzung die gewohnte Strecke fährt, welche jedoch aktuell durch eine Baustelle blockiert ist. Eine enge Verzahnung zwischen Streckenführung und Disposition, insbesondere Gebietsabsicherung, Umleitungen, Alarmierung am Krankenhaus und auf der Fahrt zur Wache sind tendenziell eher unpopulär bei der Besatzung. Hier ist sicherlich die größte Schwierigkeit bei der Umsetzung des Baukastens. Die Besatzungen auf der Straße müssen verstehen, dass es nicht darum geht, sie in möglichst noch mehr Einsätze zu schicken, sondern sie zu unterstützen, ihre Zeit möglichst effizient zu nutzen.

Die Einbeziehung aller Beteiligten ist von entscheidender Bedeutung, da negative Effekte wie Dienst nach Vorschrift, einfaches Durchwinken der Dispositionsvorschläge

in der Leitstelle sowie Manipulation der Statusmeldungen auf der Straße verhindert werden sollen. Es werden korrekte Statusangaben seitens der Rettungskräfte benötigt. Wenn die Besatzung die Übergabe am Krankenhaus im Status 7 („Patient aufgenommen“) oder die Rückfahrt im Status 8 („am Transportziel“) kennzeichnet und dann erst kurz vor der Wache den Status 1 („einsatzbereit über Funk“) setzt, so wird die Logik der Software ausgehebelt. Dem könnte sicherlich mit Plausibilitätskontrollen entgegengewirkt werden. Der Status 8 könnte automatisch nach Stillstand an den Koordinaten des Krankenhauses gesetzt werden. Schwieriger wird es beim Verlassen des Krankenhauses, da beim Wiederanfahren des Fahrzeugs, der Status 8 nicht mehr aktuell ist. Wenn jedoch automatisch auf Status 1 gesetzt wird, würde davon ausgegangen werden, dass das Fahrzeug am Krankenhaus für den nächsten Patienten vorbereitet werden konnte. Ein egal wie komplexer Automatismus, welcher den Status des Fahrzeuges setzt, kann nicht alle Eventualitäten abdecken und somit nur auf den ersten Blick falsche Statusmeldungen verhindern. Der Weg, ohne Einbeziehung der Besatzung den Status automatisch zu setzen, ist nicht zielführend: Ziel sollte es sein, dass hier kein Bedarf nach Beeinflussung besteht und das System aktiv genutzt wird.

Die Akzeptanz fängt schon bei Kleinigkeiten an. Stehen drei Rettungsmittel an einer Wache, so würde bei einfacher Betrachtung der Fahrzeit das Fahrzeug gewählt, welches sich am nächsten am Einsatzort befindet. Wenn nun der Einsatzschwerpunkt der Wache immer in der gleichen Richtung liegt, so wird die eine Besatzung erheblich mehr Einsätze fahren als die anderen beiden. Wenn beim Vorschlag die Anzahl an gefahrenen Einsätzen mit einbezogen wird und geringe Abstände zwischen den Fahrzeugen durch eine Unschärfe oder eine gemeinsame Position aller Fahrzeuge auf der Wache kompensiert werden, so wird mit zwei einfachen Mitteln erreicht, dass die Arbeitsbelastung zwischen den Rettungsmitteln gerecht geteilt wird.

Bevor die Akzeptanz des Systems geklärt werden kann, sollte noch eine weitere Frage gestellt werden: Wieso kommt es überhaupt zu Manipulationen, bzw. warum sehen sich die Mannschaften genötigt zu manipulieren? Diese Frage stellte sich bei diversen Gesprächen fast schon als gleichwertig neben der Frage nach dem Vertrauen und der Akzeptanz der Einsatzdisposition. Es steht außer Frage, dass alle Beteiligten im Rettungsdienst das Beste für die Patienten wollen. Das bedeutet, dass die aktuelle Lage des Rettungsmittels der Leitstelle bekannt sein muss, damit das beste Rettungsmittel alarmiert werden kann. Was treibt nun Menschen, die von ihrer Grundhaltung her helfen wollen, dazu, die Hilfe wissentlich zu erschweren? Der Leidensdruck bedingt durch die Belastung muss enorm groß sein. Eine Besatzung auf einer stark frequentierten Wache schätzt sich glücklich, wenn sie mal kurz auf die Wache kommen, einen Kaffee trinken und vor dem nächsten Alarm noch die Toilette aufsuchen kann. Aus Fürsorgepflicht dem Arbeitnehmer, aber auch den Patienten gegenüber, sind die Pausenzeiten für die Besatzungen von essentieller Bedeutung. Das Arbeitszeitgesetz schreibt eine Pause von mindestens 30 Minuten nach 6 Stunden Arbeitszeit und mindestens 45 Minuten nach 9 Stunden vor. (46) Dies wird an schlechten Tagen im Rettungswesen nicht eingehalten. Es ist sicherlich fern jeder Wirklichkeit verbindliche Pausenzeiten festzulegen. Was jedoch durchaus realisierbar wäre, sind Pausenkorridore. Es könnte zum Beispiel festgelegt werden, dass in der Zeitspanne von 11:30 bis 14:00 für alle Rettungsmittel ein Zeitkorridor von 45 Minuten als Pause gefunden wird, in denen das Fahrzeug nicht alarmiert wird. Kommt ein Fahrzeug zum Beispiel um 11:50 aus einem Einsatz, so würde das Fahrzeug von der Leitstellensoftware nicht mehr vorgeschlagen.

Bei Ankunft an der Wache würden die 45 Minuten Pause beginnen und erst danach würde das Fahrzeug von der Leitstellensoftware wieder vorgeschlagen werden. Wenn sich die Besatzungen auf einen solchen Automatismus verlassen könnten, so würde wahrscheinlich auch nicht das Interesse bestehen, falsche Statusmeldungen abzugeben. Ein guter Ansatz wäre auch die Einführung einer Ruhezeit von 3 Stunden in der Nacht für eine Besatzung bei 24-Stundenschichten. Wenn die Pausen für die Mannschaft besser geregelt wären, so würden auch Ausnahmen (z.B. Einsatz bei einem schweren Unfall) eher akzeptiert, die eine Alarmierung aus der Pause heraus rechtfertigen. Die Pausen müssten ebenfalls auch beim Vorschlag bzw. der manuellen Auswahl für den Disponenten klar ersichtlich sein.

Zwischen (gefühlter) Kontrolle und (als nützlich empfundener) Assistenz besteht nur ein sehr schmaler Grat. Würden Statusmeldungen automatisch gesetzt, könnte dies als Gängelung empfunden werden. Wenn aber die Software aufgrund der internen Logikprüfungen die Besatzung an das durch zum Beispiel Stress oder Ablenkung vergessene Setzen des korrekten Status erinnern würde, wäre es wahrscheinlich eine gern gesehene Unterstützung.

Neuerungen in der Disposition, wie zum Beispiel die Umleitung von Rettungsmitteln, müssen durch die Besatzung verstanden werden. Schließlich kann es zunächst widersinnig wirken, warum sie woanders hinsollen, da der Notfall ja noch weiterhin besteht. Das Verständnis hierfür kann durch Schulung erreicht werden. Des Weiteren muss bedacht werden, dass sich jemand, der privat nie mit Navigationsgerät fährt, sich schwerer damit tut, dem Vorschlag eines Geräts zu folgen, als jemand, der das Fahren nach Navigationsgerät gewohnt ist. Personen, die sich wiederum nur auf das Navigationsgerät verlassen, haben auf der anderen Seite bei einem Ausfall das Problem, da sie das Fahren nach Straßenkarte nie gelernt haben. Nichtsdestotrotz ist davon auszugehen, dass die Akzeptanz solch „neuer“ digitaler Lösungen und Vorgehensweisen durch die Erfahrungen der jüngeren Generation mit der Digitalisierung ihres Lebensumfelds zunehmen wird.

### 3.4.2 Fahrzeiten: Schätzung oder Berechnung

Die berechnete Fahrzeit ist immer nur ein Schätzwert, auch wenn versucht wird den Schätzwert so genau wie möglich an die realen Fahrzeiten anzupassen. Dies ist in Bezug auf die Streckenführung von entscheidender Bedeutung. Bei handelsüblichen Navigationsgeräten kann dieser Einfluss zum Beispiel bei der Nutzung von aktuellen Verkehrsdaten gut beobachtet werden: Nur in einem Umkreis von 150 – 200 km um den aktuellen Standort des Fahrzeuges werden aktuelle Verkehrsdaten einbezogen. Diese Unbekannten in der Gleichung treffen noch mehr auf Fahrten mit Sonderrechten zu. Bei einer roten Ampel zum Beispiel kann davon ausgegangen werden, dass durchschnittlich 20 Sekunden gebraucht werden, bis alle Fahrzeuge Platz machen. Nichtsdestotrotz kann es in der Realität vorkommen, dass das Rettungsmittel ohne Zeitverlust die Ampel passieren kann, oder dass es vor der Ampel „hängen“ bleibt. Bei der Auswahl eines Rettungsmittels in der Leitstelle muss diese Unschärfe bei der Berechnung der notwendigen Zeit miteinbezogen werden. Von den für diese Facharbeit beteiligten Gesprächspartnern wurde diese Unschärfe mit grob  $\pm 1$  Minute angegeben. Jedoch schwankten die Angabe sehr stark nach Weglänge zum Einsatzort und der Tatsache, ob der Einsatzort auf dem Land oder in der Stadt ist. Eine Auswertung von

Einsätzen der Feuerwehr Wuppertal ergab, dass die berechneten Zeiten grundsätzlich mit den realen Fahrzeiten übereinstimmen.

### 3.4.3 Streckenvorschläge mit Sonderrechten

Sonderrechte stehen dem Rettungsdienst zur Verfügung, „wenn höchste Eile geboten ist, um Menschenleben zu retten oder schwere gesundheitliche Schäden abzuwenden. Sie dürfen nur unter gebührender Berücksichtigung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung ausgeübt werden“. (47) Die daraus resultierende Rechtslage ist kompliziert und uneinheitlich, insbesondere in Bezug auf den Rettungsdienst. Entsprechende Literatur ist vielfältig und betrachtet diverse Fälle. (48–50) Im Grundsatz muss eine Schädigung von Personen durch die Inanspruchnahme von Sonderrechten ausgeschlossen werden. Es gilt der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit: Der Fahrzeugführer muss stets die Verkehrslage und den Auftrag gegeneinander abwägen.

Der Grundsatz steht im Widerspruch mit einem Streckenvorschlag durch das Navigationssystem, wenn die Inanspruchnahme von Sonderrechten eingeplant wird. Eine mögliche Interpretation aus Sicht des Fahrzeugführers könnte sein, dass für ihn die Inanspruchnahme angeordnet wird und er somit nicht in der Verantwortung steht. Die juristische Betrachtung wird insbesondere im Falle eines Unfalles interessant werden, wenn die rechtliche Würdigung des Sachverhaltes durch ein Gericht erfolgt. Vor Einführung einer solchen Softwarelösung müssen die rechtlichen Aspekte detailliert mit dem Rechtsamt sowie am besten mit einem Fachanwalt für Verkehrsrecht erörtert werden. Vom Grundsatz her ist die Situation ähnlich wie beim Dispositions-vorschlag in der Leitstelle: Der Vorschlag entbindet nicht davon, die Situation selbst zu beurteilen und die Chancen und Risiken des Streckenvorschlages abzuwägen. Durch diese rechtlich schwierig zu beurteilende Situation finden bei der Feuerwehr Wuppertal beim Streckenvorschlag in den Navigationsgeräten keine Sonderregeln in Bezug auf die Nutzung der Sonderrechte Anwendung.

## 3.5 Optimierung der Disposition

Die im Kapitel 3.3 vorgestellten Bausteine des Baukastens für eine Verbesserung der Fahrzeugdisposition müssen ein stimmiges Gesamtbild ergeben. Hierbei ist auf topografische und strukturelle Besonderheiten der Region einzugehen. Der aus dem Baukasten generierte, optimale Algorithmus für eine ländliche Region ist ein anderer als für eine urbane Region, da sich die Rahmenbedingungen, insbesondere in Bezug auf die Straßenstruktur, Anfahrtslänge und im speziellen der Krankenhauslandschaft, sehr stark unterscheiden.

Am Beispiel des Bausteins „Alarmierung am Krankenhaus“ zeigt sich dies sehr deutlich. In der Stadt spricht die große Anzahl von Krankenhäusern und ein dadurch großer Abstimmungsaufwand in Kombination mit kurzen Entfernungen, gegen die intensive Nutzung dieses Bausteins. Anders sieht es wiederum in ländlichen Regionen aus, denn was in der Stadt nachteilig ist, ist hier zielführend. Eine geringe Anzahl an Krankenhausträgern erleichtert eine Versorgung mit Verbrauchsgütern am Krankenhaus. In ländlichen Regionen hat dieser Baustein einen erheblich größeren Einfluss als in urbanen Regionen. Der zeitliche Zugewinn bei der Wiederherstellung der Einsatzbereitschaft lohnt sich hier insbesondere auch bedingt durch im Vergleich zur Stadt geringere Dichte an Rettungsmitteln.

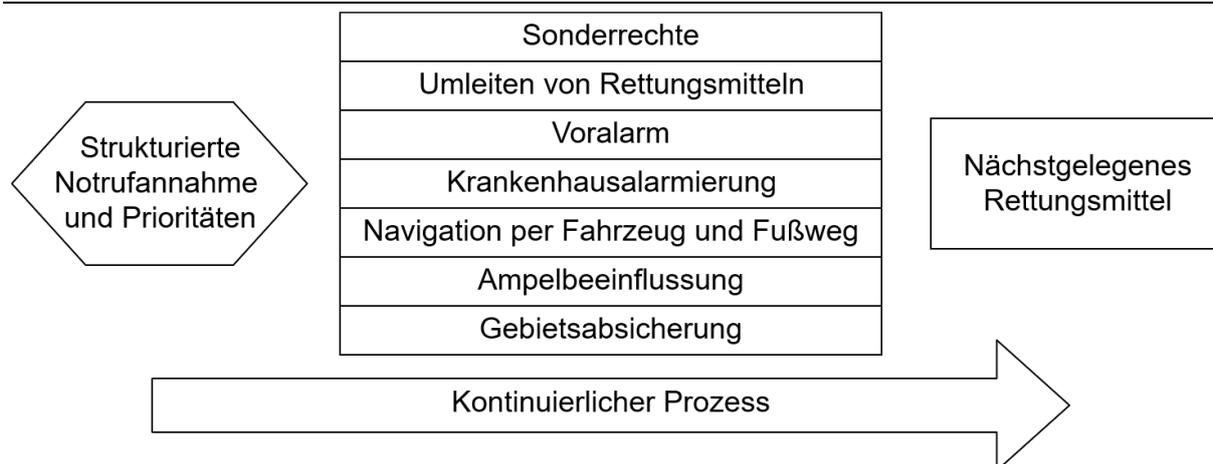


Abbildung 1: Aufbau eines Baukastens zur Optimierung der Anfahrtszeit. Die Gewichtung der einzelnen Bausteine ist abhängig von örtlichen Besonderheiten und den strukturellen Gegebenheiten der Region. (eigene Darstellung)

Ausgehend von der strukturierten Notrufabfrage und optimalerweise einer Priorisierung der Einsätze können die einzelnen Bausteine angewendet werden. Jeder Baustein muss auf den potenziellen Nutzen in Bezug auf die Gebietskörperschaft kritisch hinterfragt werden. Der kontinuierliche Optimierungs- und Verbesserungsprozess bezieht sich auf das Gesamtsystem, welches aus dem Baukasten zusammengesetzt wird. Die Einbindung von weiteren Rettungsmitteln, insbesondere von Ersthelfern, stellt eine sinnvolle Ergänzung dar, darf jedoch in Bezug auf die Entsendung des nächstgelegenen Rettungsmittels streng genommen nicht betrachtet werden, da sie nicht hilfsfristrelevant sind.

## 4 Vergleich verschiedener Dispositionsstrategien

Die Übergänge zwischen den einzelnen Dispositionsstrategien sind fließend. Es ist ein Entwicklungsprozess, der eine kontinuierliche Verbesserung der Ergebnisse herbeigeführt hat. Die Erfahrungen wurden zuerst verschriftlicht und formalisiert. Mit Einzug von IT-gestützten Navigationssystemen konnten erste dynamische Lösungen in die Disposition einfließen.

In dieser Tradition steht der entwickelte Baukasten für eine optimale Strategie zur Entsendung von Rettungsmitteln. Er bildet in großen Teilen die Nächste-Fahrzeug-Strategie unter Zuhilfenahme von Prioritäten ab, jedoch ist er im Gegensatz zu Bereichsfolgen dynamisch und passt sich dem Zustand des Rettungsdienstes an. Es ist eine Weiterentwicklung und keine Grunderneuerung, es baut auf den Erfahrungen der Besatzungen und Disponenten auf. Es werden einige, vielversprechende neue Ansätze und Erfahrungen aus dem Ausland mit einbezogen. Hierbei sind als Bausteine die Faktoren ausgewählt worden, welche unter heutigen Gesichtspunkten in die Disposition einbezogen werden können.

Ein dezidiertes Vergleich mit den bisherigen Strategien ist schwierig. Da die entwickelten Bausteine darauf abzielen, die Stärken der einzelnen Strategien zu nutzen und durch deren Kombination die Schwächen aufzuwiegen. Ferner ist eine Reihe der Strategien (z.B. Fahrt zur Wache, Verbleib am Transportziel, Absicherungsstrategie) alleine nicht anwendbar und muss jetzt bereits kombiniert werden. Nichtsdestotrotz sind die einzelnen Vor- und Nachteile der neuvorgestellten Bausteine im Kapitel 3.3 beschrieben und im Kapitel 3.4 mit bereits bestehenden Strategien verglichen worden.

Zusammengefasst eröffnet die Betrachtung der Rettungskette als ganzheitlicher Prozess sowie die Einbeziehung der Disponenten und Besatzungen ein Potenzial eines erheblichen Zugewinns an Zeit. Dieser Gewinn kann wie oben beschrieben bei mehreren Minuten liegen.

Der andere wichtige Aspekt bei der Verwendung dieses Baukastens ist, dass durch die Unterstützung von Leitstelle und Besatzungen die Disposition transparenter und gerechter wird. Dies fördert ein Verständnis zwischen beiden Seiten und reduziert die potenziellen Spannungen.

## **5 Fazit**

### **5.1 Zusammenfassung**

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es die Optimierung der Fahrzeugdisposition, die Hilfsfristen zu kürzen und dadurch die Versorgung der Patienten zu verbessern. Hierzu wurden Faktoren, die die Disposition beeinflussen, aufgeführt und anhand eines Bausteinkastensystems dargestellt. Um das optimale nächstgelegene Rettungsmittel auszuwählen, wurden folgende Faktoren in dieser Arbeit herausgearbeitet: Nutzung von Sonderrechten, die Beeinflussung der Ampelsteuerung, die Gebietsabsicherung, das Umleiten von Rettungsmitteln, die Voralarmierung, die Alarmierung von Rettungsmitteln, die sich noch in der Patientenübergabe befinden sowie eine veränderte Streckenführung, die auch kurze Wegstrecken ohne Verwendung des Fahrzeuges erlaubt. Es ist zu beachten, dass die vorgestellten Faktoren nicht überall gleich gewichtet werden dürfen, sondern als sich gegenseitig ergänzende Bausteine anzusehen sind, die je nach (gesetzlich) struktureller und spezifischen örtlichen Gegebenheiten unterschiedlich gewichtet werden müssen.

Die Ergebnisse der Literaturrecherche und der Fachgespräche zeigen klar, dass der gewünschte Zeitgewinn nicht nur bei der theoretischen Lösung möglich ist, sondern auch durch kleinere Veränderungen nachweislich erzielt werden kann. Hieraus wurden die Bausteine für den Algorithmus generiert und ihre Vor- und Nachteile diskutiert. Im Speziellen sorgen diese Bausteine dafür, dass die Disponenten und Fahrzeugbesatzungen unterstützt werden und das Ergebnis somit von einzelnen Personen unabhängig gemacht wird. Die Diskussion der Herausforderungen hat zwei wichtige Aspekte aufgezeigt: Es ist erstens eine ganzheitliche Betrachtung des Rettungsdienstes notwendig, es darf nicht nur der einzelne Einsatz betrachtet werden. Dabei muss eine Betrachtung der Einsätze einer Schicht und der Belastung für die Besatzungen der Rettungsmittel erfolgen. Der zweite Aspekt, der die Umsetzung am stärksten beeinflusst, ist das örtlich geltende gesetzliche Regelwerk, das den zentralen Gewichtungsfaktor der Prioritäten einschränkt.

Um den örtlichen Gegebenheiten gerecht zu werden und das bestmögliche Ergebnis zu erzielen, wurde bewusst ein Baukastenprinzip gewählt. Dies bietet einen entscheidenden Vorteil: Es kann leicht in bestehenden Systemen bzw. Softwarelösungen angewandt werden. Die Einführung kann schrittweise erfolgen, was den Aufwand in Bezug auf die Schulung reduziert und somit die Akzeptanz erhöht.

## 5.2 Ausblick

Um eine große Akzeptanz bei allen beteiligten Personen gegenüber dem vorgestellten Bausteinkastensystem zu erhalten, würde sich eine schrittweise Einführung des Baukastens anbieten. So könnte der Baukasten nach einer Simulationsphase zunächst in ausgewählten Leitstellen eingeführt werden. Funktioniert das vorgestellte System auf großer Fläche und sind alle beteiligten Personen vertraut mit dem System, können theoretisch einzelne Leitstellen miteinander vernetzt werden. Dies ist aufgrund der teilweise IT-gestützten Bausteine möglich. So könnten in dem Randgebiet einer Leitstelle Fahrzeuge aus dem Bereich der Nachbarleitstelle in die Fahrzeugauswahl mit einbezogen werden, ohne die Versorgung im Gebiet der zweiten Leitstelle zu verschlechtern. Dies würde natürlich eine vertragliche wie auch weitere enge Abstimmung zwischen den Gebietskörperschaften erfordern. Exemplarisch seien hier nur die Standard Operating Procedures (SOP) der Notfallsanitäter erwähnt, welche vom ärztlichen Leiter des Rettungsdienstes festgelegt werden und die Kompetenzen im Einsatz regeln. Auch grenzüberschreitend wäre dies denkbar, wenn auch hier die rechtlichen Hürden, zum Beispiel bei der Einfuhr von Betäubungsmitteln, noch größer sind.

Das Baukastensystem ist so aufgebaut, dass zukünftig bei Bedarf weitere Bausteine hinzugefügt werden können. So wäre es denkbar, in Anbetracht der hohen Spezialisierung der Fahrzeugbesatzung, die Desinfektion der Fahrzeuge als eigenständigen Baustein herauszutrennen. Wenn die Besatzung zurück zur Wache kommt, würde sie ein neues, einsatzbereites Fahrzeug übernehmen und das zu desinfizierende Fahrzeug würde einer Desinfektionsabteilung übergeben. Diese Idee hat das Potential einer großen Effizienzsteigerung. Sie wird von der Feuerwehr Dortmund für KTWs bereits angewandt.

Die Nutzung des Baukastensystems erzeugt ein wichtiges Nebenprodukt: die im realen Notfall gefahrenen Geschwindigkeiten können leicht evaluiert werden. Des Weiteren könnten weitere Datenquellen in das Bausteinkastensystem mit aufgenommen werden. So ließe sich unter anderem mithilfe der Position von Unwettern oder von Fotos von Befahrungen (Streetview) ein genaueres Lagebild über die Situation auf der ausgewählten Strecke sowie im Einsatzgebiet (vor Ort) erstellen. Diese Daten sollten genutzt werden um das System weiter zu optimieren.

Durch den vorgestellten Bausteinkasten soll primär eine frühere, bessere Notfallversorgung erreicht werden. Diese Optimierung ermöglicht die Ressourcen in der Notfallrettung effektiver einzusetzen. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist dieses Thema sicherlich ebenso interessant wie aus Sicht des Rettungsdienstes, da ein optimierter Einsatz der Rettungsmittel zu einer Entlastung des Gesundheitssystems in Form von geringeren Kosten führen kann. So könnten die generierten Daten benutzt werden, um eine genaue Prognose des steigenden Rettungsdienstbedarfes zu erzeugen mit dem Ziel einer vorausschauenden Rettungsdienstbedarfsplanung. Diese kommt wiederum unserem Hauptanliegen, einer bestmöglichen Versorgung der Patienten, zugute.

## **Anhang**

Anhang 1: Thema Facharbeit II

Anhang 2: Übersicht Rettungsdienstgesetzte III

Anhang 3: gemessene Geschwindigkeiten für Straßentypen IV

**Anhang 1: Thema Facharbeit****Disposition des nächstgelegenen Rettungsmittels**

Alternativ zur Disposition nach Bereichsfolgen kann bei bekanntem Standort das nächstgelegene Rettungsmittel zum Einsatzort alarmiert werden. Neben dem Kriterium kürzeste Entfernung können weitere Kriterien in einem Optimierungsalgorithmus berücksichtigt werden. Entwickeln Sie einen optimalen Algorithmus und diskutieren Sie verschiedene Fahrzeugdispositionsstrategien.

**Anhang 2: Übersicht Rettungsdienstgesetze**

<b>Bundesland</b>	<b>Hilfsfrist</b>	<b>Zeitvorgabe</b>	<b>Disposition</b>
Baden- Württemberg (51)	Von Eingang der Notfallmeldung bis zum Eintreffen des Rettungsmittels an Straßen	10 min, max. 15 min	-
Bayern (52, 53)	Nach Ausrücken bis Eintreffen (=Fahrzeit)	12 min	schnellste verfügbare geeignete Einsatzmittel
Berlin (54, 55)	Einsatzentscheidung bis Eintreffen eines geeigneten Fahrzeuges an einer öffentlichen Straße	bedarfs- und fachgerechte, 8 min	schnellste verfügbare Einsatzmittel
Brandenburg (56, 57)	Vom Eingang der Notfallmeldung bis zum Eintreffen des Rettungsmittels	15 min	Nächstes-Fahrzeug-Strategie
Bremen (58, 59)	Von der Eröffnung des Einsatzes bis zum Eintreffen des Rettungsmittels	10 min	nächste geeignete Rettungsmit- tel
Hamburg (60–62)	Nicht definiert	Bedarfsgerecht, 8min Planungsgrundlage	schnellstmögliche Hilfe
Hessen (63, 64)	Vom Eingang der Notfallmeldung bis zum Eintreffen des Rettungsmittels	10 min	bedarfsgerechter Einsatz
Mecklenburg-Vorpommern (65)	Von Alarmierung bis zum Eintreffen des Rettungsmittels	10 min	-
Niedersachsen (66, 67)	Vom Beginn der Einsatzentscheidung bis zum Eintreffen des Rettungsmittels	15 min	-
Nordrhein-Westfalen (1)	Vom Eingang der Notfallmeldung bis zum Eintreffen des Rettungsmittels	8 min, 12 min im ländlichen Bereich (68)	-
Rheinland-Pfalz (69)	Vom Eingang der Notfallmeldung bis zum Eintreffen des Rettungsmittels	15 min	Grundsätzlich das nächstbefindliche geeignete Rettungsmittel
Saarland (70)	Vom Eingang der Notfallmeldung bis zum Eintreffen des Rettungsmittels	12 min	-
Sachsen (71, 72)	Ende des Notrufgesprächs bis zum Eintreffen des Rettungsmittels <sup>2</sup>	10 min	Nächstes-Fahrzeug-Strategie
Schleswig-Holstein (73, 74)	Vom Eingang der Notfallmeldung bis zum Eintreffen des Rettungsmittels	12 min	-
Thüringen (75, 76)	Vom Eingang der Notfallmeldung bis zum Eintreffen des Rettungsmittels	12 min; 15 min in dünn besiedelten Gebieten	Nächstes-Fahrzeug-Strategie

Tabelle 1: Übersicht Rettungsdienstgesetze in Deutschland

<sup>2</sup> Rettungsdienstgesetz und Verordnung widersprechen sich bei der Hilfsfrist, Definition der Hilfsfrist aus der älteren Verordnung

**Anhang 3: gemessene Geschwindigkeiten für Straßentypen**

<b>Kategorie</b>	<b>NEF [km/h]</b>	<b>RTW [km/h]</b>
<b>Autobahn (außerorts)</b>	135	111
<b>Autobahnauffahrt (außerorts)</b>	89	72
<b>Bundesstraße (außerorts)</b>	99	88
<b>Landesstraße (außerorts)</b>	94	79
<b>Kreisstraße (außerorts)</b>	79	68
<b>Gemeindestraße (außerorts)</b>	79	68
<b>Bundesstraße (innerorts)</b>	75	67
<b>Landesstraße (innerorts)</b>	71	60
<b>Kreisstraße (innerorts)</b>	59	52
<b>Gemeindestraße (innerorts)</b>	43	42
<b>Spielstraße (innerorts)</b>	29	28

Tabelle 2: Gemessene Geschwindigkeiten (33)

<b>Kategorie</b>	<b>km/h</b>
<b>Wohngebiet</b>	24
<b>Verbindungsstraßen</b>	39
<b>Zweispurig je Richtung</b>	44
<b>Autobahn</b>	39

Tabelle 3: Geschwindigkeiten für die Bedarfsplanung und die Streckenführung in Solingen und Wuppertal (32)

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Aufbau eines Baukastens zur Optimierung der Anfahrtszeit. Die Gewichtung der einzelnen Bausteine ist abhängig von örtlichen Besonderheiten und den strukturellen Gegebenheiten der Region. (eigene Darstellung) 18

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Übersicht Rettungsdienstgesetze in Deutschland III

Tabelle 2: Gemessene Geschwindigkeiten (33)IV

Tabelle 3: Geschwindigkeiten für die Bedarfsplanung und die Streckenführung in Solingen und Wuppertal (32) IV

## **Abkürzungsverzeichnis**

AGBF	Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren
KTW	<i>Krankentransportwagen</i>
LFV	<i>Landesfeuerwehrverband</i>
MANV	<i>Massenanfall von Verletzten</i>
NAW	<i>Notarztwagen</i>
NEF	<i>Notarzteinsatzfahrzeug</i>
RTW	<i>Rettungstransportwagen</i>
SOP	<i>Standard Operating Procedures</i>

## Literaturverzeichnis

1. *Gesetz über den Rettungsdienst sowie die Notfallrettung und den Krankentransport durch Unternehmer (Rettungsgesetz NRW - RettG NRW), Vom 01. November 2018.*
2. W. A. Breuer, *Planungs- und Entscheidungskriterien zur effizienten Organisation von Notarztsystemen, eine theoretische und empirische Analyse als Beitrag zur Wirtschaftlichkeit des Rettungs- und Gesundheitswesens* (1990).
3. R. Aringhieri, M. E. Bruni, S. Khodaparasti, J. T. van Essen, Emergency medical services and beyond: Addressing new challenges through a wide literature review. *Computers & Operations Research*. **78**, 349–368 (2017), doi:10.1016/j.cor.2016.09.016.
4. M. Reuter-Oppermann, P. L. van den Berg, J. L. Vile, Logistics for Emergency Medical Service systems. *Health Systems*. **6**, 187–208 (2017), doi:10.1057/s41306-017-0023-x.
5. C. J. Jagtenberg, S. Bhulai, van der Mei, R D, Dynamic ambulance dispatching: is the closest-idle policy always optimal? *Health care management science*. **20**, 517–531 (2017), doi:10.1007/s10729-016-9368-0.
6. L. Drewes, *Optimierung von Notrufannahme und Einsatzdisposition* (2002).
7. R. Schmiedel, H. Behrendt, E. Betzler, *Bedarfsplanung im Rettungsdienst, Standorte - Fahrzeuge - Personal - Kosten* (Springer, Berlin, 2004).
8. D. Bandara, M. E. Mayorga, L. A. McLay, Priority dispatching strategies for EMS systems. *Journal of the Operational Research Society*. **65**, 572–587 (2014), doi:10.1057/jors.2013.95.
9. V. Schmid, Solving the dynamic ambulance relocation and dispatching problem using approximate dynamic programming. *European Journal of Operational Research*. **219**, 611–621 (2012), doi:10.1016/j.ejor.2011.10.043.
10. T. Andersson, P. Värbrand, Decision support tools for ambulance dispatch and relocation. *Journal of the Operational Research Society*. **58**, 195–201 (2007), doi:10.1057/palgrave.jors.2602174.
11. L. A. McLay, M. E. Mayorga, A Dispatching Model for Server-to-Customer Systems That Balances Efficiency and Equity. *M&SOM*. **15**, 205–220 (2013), doi:10.1287/msom.1120.0411.
12. G. M. Carter, J. M. Chaiken, E. Ignall, Response Areas for Two Emergency Units. *Operations Research*. **20**, 571–594 (1972), doi:10.1287/opre.20.3.571.
13. M. Reuter-Oppermann, S. Morana, P. Hottum, in *Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences (2017)* (Hawaii International Conference on System Sciences, 2017).
14. M. Reuter, A. Rashid, S. Nickel, Modellierung und Planung von Dienstleistungen im Rettungswesen mit Verfahren des Operations Research, 291–304, doi:10.1007/978-3-658-00863-5\_14.

- 15.T. van Essen, J. Hurink, S. Nickel, M. Reuter-Oppermann, *Models for Ambulance Planning on the Strategic and the Tactical Level* (2013).
- 16.A. van Wijngaarden, *Models for Ambulance Planning on the Strategic and Tactical Level. Beta Working Paper series 434* (2013).
- 17.T. Andersson, *Decision support for operational ambulance control*.
- 18.A. Schmid, sim911 - Ein Simulator für das Rettungswesen.
- 19.K. Sudtachat, M. E. Mayorga, L. A. McLay, Recommendations for dispatching emergency vehicles under multitiered response via simulation. *Intl. Trans. in Op. Res.* **21**, 581–617 (2014), doi:10.1111/itor.12083.
- 20.M. S. Maxwell, M. Restrepo, S. G. Henderson, H. Topaloglu, Approximate Dynamic Programming for Ambulance Redeployment. *INFORMS Journal on Computing.* **22**, 266–281 (2010), doi:10.1287/ijoc.1090.0345.
- 21.C. J. Jagtenberg, P. L. van den Berg, R. D. van der Mei, Benchmarking online dispatch algorithms for Emergency Medical Services. *European Journal of Operational Research.* **258**, 715–725 (2017), doi:10.1016/j.ejor.2016.08.061.
- 22.R. Müller, *Klassische Mechanik, Vom Weitsprung zum Marsflug* (de Gruyter, Berlin, ed. 2, 2010).
- 23.P. W. Harald Herweg, "Schnell wie die Feuerwehr". *vfd*, 193–204.
- 24.R. Schmiedel, Analyse organisatorischer Strukturen im Rettungswesen. *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen* (1998).
- 25.T. Schmidt, Bedarfs- und Entwicklungsplanung für den Brandschutz und die Allgemeine Hilfe. *LFV Hessen*.
- 26."Angemessener Einsatzradius, Unfallschutz + Urteile". *UB*, 40.
- 27.Amtsgericht Reutlingen, *9 OWi 33 Js 17747/2001* (Urt. v. 06.12.2001).
- 28.Amtsgericht Reutlingen, *OWi 33 JS 17746/2001* (Urt. v. 06.12.2001).
- 29.G. Nadler, *Straßenverkehrsrecht für Feuerwehr und THW* (2011).
- 30.O. Bühren, "Feuerwehrgerechte Verkehrsberuhigung, Utopie oder realisierbar?". *Brandschutz*, 706–713.
- 31.ESRI, Slopes, Sharp Turns, and Speed.
- 32.R. Schmiedel (FORPLAN), Gutachten über die Fahrgeschwindigkeiten der Stadt Solingen (2008).
- 33.M. Steinvord, GIS-gestützte Analyse von Fahrgeschwindigkeiten unter Sonder- und Wegerecht.
- 34.Arbeitskreis Rettungsdienst (AK-R), Zukunft des Rettungsdienstes in Deutschland - Potsdamer Thesen der AGBF Bund. *Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren (AGBF)* (13.10.2011).
- 35.R. Hagemann, (Irrweg) Organisatorische Trennung. Was sagt uns die Erfahrung? Berlin – Disaster oder marktwirtschaftliche Alternative? *Senatsverwaltung für*

- Inneres Berlin*, 3. Rettungsdienstsymposium des DRK-Landesverbandes Hessen 09.-10. Oktober 2003.
- 36.T. Andersson, Ed., *Decision support for operation ambulance control* (WIT Press, 2004).
- 37.Vortrag VFDB Tagung, Ed., *Erfahrungen aus dem Amoklauf in München, W. Schäuble* .
- 38.A. Bohn, Rettungsdienst 2018: Status und Perspektive. *Notf.med. up2date*. **13**, 5–7 (2018), doi:10.1055/a-0523-5284.
- 39.R. Kuhnke, V. Wanka, Viele Alte – wenig Junge – Rettungsdienst in Zeiten des demografischen Wandels. *retten!* **1**, 258–261 (2012), doi:10.1055/s-0032-1327476.
- 40.Feuerwehr und Rettungsdienst Landeshauptstadt Düsseldorf, *Rettungsdienstbedarfsplan 2013* .
- 41.AGBF-Bund, Jochen Stein, Fortschreibung der Empfehlung der Qualitätskriterien für die Bedarfsplanung in Städten.
- 42.Vortrag VFDB Tagung, Ed., *(Erst)HelferApp - Gewinn im Rettungsdienst - nur dort?, J. Gellern* .
- 43.B. McNally *et al.*, Out-of-hospital cardiac arrest surveillance --- Cardiac Arrest Registry to Enhance Survival (CARES), United States, October 1, 2005--December 31, 2010. *Morbidity and mortality weekly report. Surveillance summaries (Washington, D.C. : 2002)*. **60**, 1–19 (2011).
- 44.C. Sasson, M. A. M. Rogers, J. Dahl, A. L. Kellermann, Predictors of survival from out-of-hospital cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis. *Circulation. Cardiovascular quality and outcomes*. **3**, 63–81 (2010), doi:10.1161/CIRCOUT-COMES.109.889576.
- 45.Bundesvereinigung der Arbeitsgemeinschaften der Notärzte Deutschlands (BAND), B. d. A. d. N. D., Stellungnahme der BAND zur ‚Hilfsfrist‘ im Rettungsdienst Notfallrettung.
- 46.*Arbeitszeitgesetz (ArbZG), Vom 06. Juni 1994* .
- 47.*Straßenverkehrs-Ordnung (StVO), Vom 19. Oktober 2017* .
- 48.R. D. Ulrich Cimolino, *Die Sonder- und Wegerechte von Notarzteinsatzfahrzeugen im Straßenverkehr* (2008).
- 49.A. Wasielewski, *Sonderrechte im Einsatz* (Lehmanns Media, Berlin, ed. 2, 2005).
- 50.M. Pießkalla, *Zur Fahrlässigkeitsstrafbarkeit nach §§ 223, 229, 222 und § 315c StGB bei Unfällen im Rahmen von Einsatzfahrten* (2007).
- 51.*Gesetz über den Rettungsdienst (Rettungsdienstgesetz - RDG), Vom 08. Februar 2010* .
- 52.*Bayerisches Rettungsdienstgesetz (BayRDG), Vom 22. Juli 2008* .
- 53.*Verordnung zur Ausführung des Bayerischen Rettungsdienstgesetzes (AV-BayRDG), Vom 30. November 2010* .

54. *Gesetz über den Rettungsdienst für das Land Berlin (Rettungsdienstgesetz - RDG), Vom 08. Juli 1993 .*
55. A. Knie (FORPLAN), Gutachten zur Versorgungsqualität und Organisation des Rettungsdienstes im Land Berlin.
56. *Gesetz über den Rettungsdienst im Land Brandenburg (Brandenburgisches Rettungsdienstgesetz - BbgRettG), vom 14. Juli 2008 .*
57. *Verordnung über den Landesrettungsdienstplan (Landesrettungsdienstplanverordnung – LRDPV), Vom 24. Oktober 2011 .*
58. *Bremisches Hilfeleistungsgesetz (BremHilfeG), vom 21. Juni 2016 .*
59. *Rettungsmittelbedarfsplan für den bodengebundenen Rettungsdienst in der Stadtgemeinde Bremen .*
60. *Hamburgisches Rettungsdienstgesetz (HmbRDG), Vom 9. Juni 1992 .*
61. *Schriftliche Kleine Anfrage der Abgeordneten Dr. Wieland Schinnenburg und Carl-Edgar Jarchow (FDP) vom 01.08.17 und Antwort des Senats, Betr.: Situation der Rettungsdienste in Hamburg (Drucksache 21/9999 08.08.17).*
62. *Schriftliche Kleine Anfrage der Abgeordneten Christiane Schneider (DIE LINKE), Betr.: Arbeit mit den Einsatzprotokollen und Gewährleistung der Hilfsfristen (Drucksache 20/12807 25.08.14).*
63. *Hessisches Rettungsdienstgesetz (HRDG), Vom 16. Dezember 2010 .*
64. *Rettungsdienstplan des Landes Hessen, vom 06. September 2016 .*
65. *Rettungsdienstgesetz Mecklenburg-Vorpommern (RDG M-V), Vom 09. Februar 2015 .*
66. *Niedersächsisches Rettungsdienstgesetz (NRettDG), vom 2. Oktober 2007 .*
67. *Verordnung über die Bemessung des Bedarfs an Einrichtungen des Rettungsdienstes (BedarfVO-RettD), Vom 4. Januar 1993 .*
68. *Beschluss vom 15.03.2004 - 13 B 16/04 (OVG NRW).*
69. *Landesgesetz über den Rettungsdienst sowie den Notfall- und Krankentransport (Rettungsdienstgesetz - RettDG -), vom 22. April 1991 .*
70. *Saarländisches Rettungsdienstgesetz (SRettG), Vom 25. Oktober 2011 .*
71. *Gesetz über Rettungsdienst, Notfallrettung und Krankentransport für den Freistaat Sachsen (Sächsisches Rettungsdienstgesetz – SächsRettDG), Vom 7. Januar 1993 .*
72. *Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums des Innern über die Rettungsdienstplanung im Freistaat Sachsen (Sächsische Landesrettungsdienstplanverordnung – SächsLRettDPVO), Vom 5. Dezember 2006 .*
73. *Schleswig-Holsteinisches Rettungsdienstgesetz (SHRDG), Vom 28. März 2017 .*
74. *Landesverordnung zur Durchführung des Rettungsdienstgesetzes (DVO-RDG), Vom 22. Oktober 2013 .*
75. *Thüringer Rettungsdienstgesetz (ThürRettG), Vom 16. Juli 2008 .*

---

*76. Landesrettungsdienstplan (LRDP) für den Freistaat Thüringen, Vom 04. Juni 2004*

## **Verzeichnis der Gesprächspartner**

Sven Dunkel, BF Frankfurt

Franz-Josef Jung, BF Frankfurt

Achim Hackstein, Leitstelle Nord

Marc Hübner, IdF NRW

Benjamin Käser, antwortING Beratende Ingenieure PartGmbH

Marlon Konertz, Feuerwehr Bremen

Robert Luttermann, IdF NRW

Melanie Reuter-Oppermann, IKSG

Florian Schenk, Convexis GmbH

Michael Schied, FH St. Gallen

Dirk Schuka, BF Wuppertal

Ralf Seidel, BF Solingen

## Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Facharbeit selbständig angefertigt habe. Es wurden nur die in der Arbeit ausdrücklich benannten Quellen und Hilfsmittel benutzt. Wörtlich oder sinngemäß übernommenes Gedankengut habe ich als solches kenntlich gemacht. Diese Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form ganz oder teilweise noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

---

Ort, Datum

---

Unterschrift