



UNIVERSITÄT ZU LÜBECK

**Aus dem Institut für Multimediale und Interaktive Systeme  
der Universität zu Lübeck  
Direktorin: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Nicole Jochems Dipl.-Inform.**

**Stufenbasierte Automation zur Unterstützung  
der Führungsprozesse von Einsatzorganisationen  
am Beispiel der präklinischen Notfallrettung**

Inauguraldissertation  
zur  
Erlangung der Doktorwürde  
der Universität zu Lübeck

Aus der Sektion Informatik / Technik

vorgelegt von  
Henrik Matthias Berndt  
aus Rendsburg

Lübeck, 2025

1. Berichtstatter: Prof. Dr. rer. nat. Michael Herczeg

2. Berichtstatterin: Prof. Dr. med. Carla Nau

Tag der mündlichen Prüfung: 30. April 2025

Zum Druck genehmigt. Lübeck, den 06. Mai 2025

# Kurzfassung

Der Rettungsdienst steht mitten in einer digitalen Transformation. Diese manifestiert sich derzeit vor allem in der zunehmenden Verwendung mobiler, Tablet-basierter Anwendungssysteme für die digitale Einsatzdokumentation, wird jedoch in der Zukunft weitreichender sein. Ein besonderes Szenario ist der Massenanfall von Verletzten, bei dem aufgrund eines anfänglichen Mangels an Behandlungskapazitäten eine Abkehr von Routineprozeduren notwendig ist. Insbesondere die Seltenheit, Komplexität und Dynamik machen Massenanfälle größerer Dimension zu einer Herausforderung vor allem für die Führungskräfte. Diese müssen die Situation gut erfassen und verstehen, Organisationsstrukturen ad-hoc installieren und die vor Ort befindlichen und eintreffenden Rettungskräfte effektiv, effizient und sicherheitsorientiert einsetzen.

In dieser Arbeit wird untersucht, ob und wie Führungskräfte in einem digitalisierten Rettungsdienst bei Massenanfällen mithilfe von Automation unterstützt werden können. Anhand einer gründlichen Analyse und mit Blick auf den aktuellen Stand der Technik werden bestehende Probleme in Hinblick auf Effektivität und Effizienz identifiziert. Auf dieser Basis wird ein prototypisches Anwendungssystem für die Einsatzleitung konzipiert und implementiert, das die festgestellten Herausforderungen mit Automation zu lösen versucht.

Im Rahmen der Entwicklung werden wissenschaftliche Konstrukte wie „Situation Awareness“ und „Gebrauchstauglichkeit“ betrachtet und eingeordnet. In Bezug auf die Automation werden bestehende Stufenmodelle untersucht und zusammengeführt. Die vorliegende Forschungsarbeit kommt zu der Erkenntnis, dass günstige Automationsstufen in Massenanfällen nicht allgemeingültig definiert werden sollten, sondern vielmehr von den Aufgaben und der Situation abhängen. Mit dem Ziel einer verständlichen Automationsfunktionalität wird ein Modell mit vier Automationsstufen entwickelt und implementiert, das neben manueller Kontrolle, zwei Stufen der Teilautomation und eine Vollautomation mit Information an den Benutzer beinhaltet. In einer summarischen Evaluation mit Führungskräften des Rettungsdienstes werden das System und insbesondere die Automationsfunktionen in Bezug auf die Gebrauchstauglichkeit, Nützlichkeit sowie die Situation Awareness der Benutzer untersucht.

## Schlüsselwörter

Digitalisierung im Rettungsdienst, Automation im sicherheitskritischen Bereich, Stufenbasierte Automation, Entscheidungsunterstützung für Führungskräfte, Situation Awareness, Unterstützung bei Ad-hoc-Führungsprozessen

# Abstract

The emergency medical services are in the midst of digital transformation. The current main aspect is the increasing use of mobile, tablet-based application systems for digital documentation of rescue missions with wide-ranging future aspects. A special scenario are mass casualty incidents with the initial deficiency in treating capacities and therefore the renunciation of routine procedures. The rarity, complexity and dynamic make mass casualty incidents and especially that of greater dimensions to a challenging task for incident commanders. They shall have a good perception and comprehension of the situation, must create organizational structures ad hoc and issue orders to rescue teams on site and on the way in an effective, efficient and safe manner.

In this thesis it is researched if and in what manner incident commanders in a digitalized emergency medical service can be supported by automation. With an in-depth analysis of the field of application as well as the state of the art, current problems in effectiveness and efficiency are identified. On that basis a prototypical computer system for incident commanders is designed and implemented to address the given challenges.

Scientific constructs such as "situation awareness" and "usability" are considered in the development process. Concerning automation, known models for levels of automation are studied and merged. It is recognized that useful automation levels cannot be defined in general without considering tasks and the situation. With the goal of comprehensible automation functionality, a model with four levels of automation is designed and implemented. It includes manual control, two levels of partial automation and a full automation approach with information for the user. A summative evaluation with incident commanders of emergency medical services examines the system itself as well as the automation functionality regarding the usability, usefulness and situation awareness of the users.

## Keywords

Digitalization in emergency medical services, automation in safety-critical application fields, level-based automation, decision support for incident commanders, situation awareness, support in ad-hoc-commanding

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b> .....	<b>1</b>
Schlüsselwörter .....	1
<b>Abstract</b> .....	<b>2</b>
Keywords .....	2
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>3</b>
<b>Vorwort</b> .....	<b>11</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>12</b>
1.1 Das Notfallereignis .....	15
1.2 Problemstellung .....	21
1.3 Zielsetzung und Forschungsfragen .....	23
1.4 Vorgehensweise, Methodik und Studien.....	25
1.4.1 Vorarbeiten am IMIS .....	26
1.4.2 Methodik der Interviews .....	27
1.4.3 Betrachtete reale MANV-Ereignisse.....	28

## **Teil 1: Analyse**

<b>2 Organisationsanalyse</b> .....	<b>31</b>
2.1 Einsatzorganisationen .....	31
2.1.1 Einsatzorganisationen in der Notfallrettung in Deutschland.....	31
2.1.2 Rettungsdienst in Deutschland .....	32
2.1.3 Sanitätsdienst in Deutschland .....	34
2.1.4 Schnelleinsatzgruppen.....	36
2.1.5 Zusammensetzung der Rettungskräfte beim MANV .....	37
2.2 Der Regel- und der Ausnahmebetrieb.....	38
2.2.1 Rettungsdienst: Regel- und Ausnahmebetrieb .....	39

2.2.2	Sanitätsdienst und SEG: Regel- und Ausnahmebetrieb .....	40
2.3	Führungs- und Leitungsstrukturen .....	40
2.3.1	Führungsstrukturen am und fern vom Einsatzort .....	41
2.3.2	Der Führungsablauf.....	42
2.4	Fahrzeuge .....	42
2.4.1	Fahrzeuge zum Transport von Patienten .....	43
2.4.2	Fahrzeuge für andere Aufgaben .....	45
2.4.3	Einordnung anhand realer MANV-Ereignisse .....	47
<b>3</b>	<b>Benutzeranalyse .....</b>	<b>48</b>
3.1	Qualifikation der Einsatzkräfte .....	48
3.1.1	Qualifikation des nichtärztlichen Personals .....	48
3.1.2	Qualifikation des ärztlichen Personals .....	50
3.1.3	Qualifikation der Führungskräfte .....	50
3.2	Erfahrungsstand und Benutzungshäufigkeit .....	51
3.2.1	Individualnotfall .....	52
3.2.2	Massenanfall von Verletzten .....	52
3.3	Geschlecht und Alter der Einsatzkräfte.....	54
3.4	Mentale Modelle und Situation Awareness .....	55
3.4.1	Mentale Modelle .....	55
3.4.2	Situation Awareness.....	56
3.4.3	Team Situation Awareness und Shared Situation Awareness.....	58
<b>4</b>	<b>Kontextanalyse .....</b>	<b>59</b>
4.1	Räumlicher Kontext .....	59
4.1.1	Räumliche Ausgangslage .....	59
4.1.2	Räumliche Strukturen beim Individualnotfall .....	59
4.1.3	Räumliche Strukturen beim MANV .....	60
4.1.4	Mobilität an den räumlichen Strukturen.....	64

4.2	Zeitlicher Kontext .....	65
4.2.1	Zeitliche Abläufe beim Individualnotfall .....	65
4.2.2	Zeitliche Abläufe beim MANV .....	66
4.2.3	Zeitliche Abläufe: Behandlungsstrategien .....	68
4.3	Körperlicher Kontext .....	69
<b>5</b>	<b>Aufgabenanalyse .....</b>	<b>71</b>
5.1	Aufgaben bei Individualnotfällen .....	71
5.2	Aufgaben beim MANV .....	72
5.2.1	Aufgaben der Vorläufigen Einsatzleitung .....	72
5.2.2	Aufgaben der Einsatzleitung Rettungsdienst .....	75
5.2.3	Aufgaben der Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion .....	78
5.2.4	Arbeitsmittel .....	80
5.2.5	Zuordnung der Aufgaben zu räumlichen Strukturen .....	84
5.3	Automation .....	86
5.3.1	Grundlagen zur Automation in Computersystemen .....	86
5.3.2	Eignung von Aufgaben für die Automatisierung .....	91
5.3.3	Verstellbare und adaptive Automation .....	91
5.3.4	Regelbasierte Systeme und Künstliche Intelligenz .....	92
5.3.5	Situation Awareness (SA) und Automation .....	93
<b>6</b>	<b>Analysefazit und Problemstellung .....</b>	<b>97</b>
6.1	Problemfelder und Herausforderungen beim MANV .....	97
6.2	Einfluss der Dimension des MANV .....	98
6.3	Einfluss der fehlenden Routine und Erfahrung .....	99
 <b>Teil 2: Konzeption</b>		
<b>7</b>	<b>Stand der Technik .....</b>	<b>102</b>
7.1	Eingrenzung .....	102

7.2	Forschungsprojekte .....	103
7.2.1	Frühe Projekte für den Individualnotfall .....	103
7.2.2	Frühe Projekte für den MANV .....	104
7.2.3	Aktuelle Projekte mit Wearables .....	105
7.3	Systeme für den Produktivbetrieb bei Individualnotfällen .....	106
7.3.1	Systeme auf Basis von Tablets .....	107
7.3.2	Patientendokumentationssysteme auf Basis eines digitalen Stifts .....	109
7.3.3	Führungssysteme für Leitstellen .....	110
7.4	Systeme für den Produktiveinsatz beim MANV .....	111
7.4.1	Systeme für die Führung vor Ort .....	111
7.4.2	Mobilität der Führungssysteme .....	112
7.4.3	Gestaltung der Führungssysteme .....	114
7.4.4	Automation in den Führungssystemen .....	115
7.4.5	Integrierte MANV-Systeme .....	115
7.5	Fazit .....	116
<b>8</b>	<b>Konzeption des Gesamtsystems .....</b>	<b>118</b>
8.1	Auswahl der genutzten Geräte für das Gesamtsystem .....	119
8.1.1	Potenzielle Geräte für das MANV-System .....	119
8.1.2	Gerätearten für die Vorläufige Einsatzleitung .....	122
8.1.3	Gerätearten für die Einsatzleitung Rettungsdienst .....	123
8.1.4	Gerätearten für die Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion .....	124
8.1.5	Digitalfunkgeräte .....	126
8.2	Architektur für das MANV-System .....	126
8.3	Grundannahmen zum FUS .....	127
8.4	Konzeption der Funktionalität .....	130
8.4.1	Funktionalität für die Vorläufige Einsatzleitung .....	130
8.4.2	Funktionalität für Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion .....	131

8.4.3	Konzeption der Funktionalität für das FUS .....	134
8.5	Überlegungen zur Verfügbarkeit und zum Netzwerk .....	137
8.5.1	Verfügbarkeit und Technikausfälle .....	137
8.5.2	Grundlegende Überlegungen zum Netzwerk .....	138
8.6	Verbindung mit papierbasierten Arbeitsmitteln.....	140
8.7	Benutzer- und Rollenverwaltung .....	141
8.8	Informationseingabe in das System .....	142
8.9	Simulationskomponenten.....	142
8.10	Erzeugung von Daten beim Training .....	144
<b>9</b>	<b>Konzeption der Automation.....</b>	<b>147</b>
9.1	Anforderungen für die Automation.....	147
9.2	Vorüberlegungen zur Automation .....	148
9.2.1	Situation Awareness der Einsatzkräfte mit Leitungsfunktion .....	148
9.2.2	Automatisierungspotential .....	150
9.2.3	Integration der Automation in das FUS .....	151
9.3	Ausgestaltung der Automationsstufen .....	151
9.3.1	Modifizierung des Modells von Kaber und Endsley.....	152
9.4	Automation in Bezug auf die Funktionalität .....	155
9.4.1	Überwachung .....	155
9.4.2	Planung.....	156
9.4.3	Entscheidung.....	158
9.4.4	Ausführung.....	158
9.4.5	Ergebnis .....	159
9.5	Vereinfachtes Stufenmodell.....	160
9.6	Grundlegende Konzeption der Automation .....	162
9.6.1	Umstellung der Automationsstufe durch den Benutzer .....	162
9.6.2	Umstellung der Automationsstufe durch das System.....	164

9.7 Fazit.....	164
----------------	-----

## **Teil 3: Implementierung und Evaluation**

<b>10 Implementierung der Systemlösung.....</b>	<b>166</b>
10.1 Grundlagen.....	166
10.2 Implementierung des FUS .....	167
10.2.1 Architekturmuster für die Implementierung .....	167
10.2.2 Layout der grafischen Benutzungsoberfläche .....	169
10.2.3 Gestaltung der grafischen Benutzungsoberfläche .....	171
10.2.4 Implementierung und Charakteristika der Module .....	173
10.2.5 Patientenmodul.....	174
10.2.6 Fahrzeugmodul.....	177
10.2.7 Modul zur Transportverwaltung.....	179
10.2.8 Kartenmodul.....	181
10.2.9 Dokumentationsmodul .....	182
10.2.10 Iterative Entwicklung der Benutzungsoberfläche .....	183
10.2.11 Auftragsvergabe und Aufträge .....	185
10.3 Systeme für Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion .....	187
10.3.1 Anwendungen zur Vorsichtung mit Wearables.....	187
10.3.2 Mobile Geräte für den Behandlungsplatz.....	190
10.3.3 Anwendung für die Vorläufige Einsatzleitung.....	190
10.4 Simulationskomponenten.....	191
10.4.1 Alarmierung im Fahrzeugsimulator .....	192
10.4.2 Vorläufige Einsatzleitung im Fahrzeugsimulator .....	193
10.4.3 Simulation der Aufträge im Fahrzeugsimulator .....	194
10.4.4 Verletztensimulator .....	194
10.5 Erzeugung von Daten mit einer VR-Simulation .....	195
10.6 Server-Anwendung und Netzwerk.....	195

10.6.1	Client-Arten und rudimentäre Datenübertragung.....	196
10.6.2	Datenübertragung bei Verbindungsausfällen .....	196
10.7	Implementierung der Automation .....	198
10.7.1	Zeitliches Modell .....	198
10.7.2	Benutzungsoberfläche der Automation .....	199
<b>11</b>	<b>Evaluation .....</b>	<b>201</b>
11.1	Methodik .....	201
11.1.1	Vorüberlegungen.....	201
11.1.2	Grundstruktur und Zuordnung zu Hypothesen.....	202
11.1.3	Evaluationsszenario.....	204
11.1.4	Evaluationskonzept .....	205
11.1.5	Evaluationsteilnehmer.....	206
11.2	Ergebnisse .....	207
11.2.1	Technikaffinität .....	207
11.2.2	Gebrauchstauglichkeit.....	207
11.2.3	Effektivität und Effizienz .....	209
11.2.4	Situation Awareness.....	211
11.2.5	Automation.....	214
11.3	Diskussion und Interpretation .....	217
11.3.1	Evaluationsteilnehmer .....	217
11.3.2	Gebrauchstauglichkeit der Systemlösung .....	218
11.3.3	Diskussion der Hypothese 1 .....	218
11.3.4	Diskussion der Hypothese 2.....	219
11.3.5	Diskussion der Hypothese 3.....	220
11.3.6	Gesamtfazit zur Evaluation .....	221
<b>12</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>223</b>
12.1	Zusammenfassung.....	223

12.2 Übertragbarkeit der Ergebnisse.....	226
12.3 Gesamtfazit und Ausblick.....	228
<b>Abbildungen .....</b>	<b>230</b>
<b>Tabellen.....</b>	<b>233</b>
<b>Quellen .....</b>	<b>234</b>
Literaturverzeichnis .....	234
Normen, Gesetze und Verordnungen.....	254
<b>Abkürzungen .....</b>	<b>257</b>
<b>Glossar.....</b>	<b>260</b>

# Vorwort

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich indirekt und direkt bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben. Einige möchte ich besonders herausstellen.

An erster Stelle danke ich Prof. Dr. Michael Herczeg. Er hat im Anschluss an meine Masterarbeit die ersten Impulse in Richtung dieser Arbeit gegeben und die Forschung, wie auch die Erstellung der Arbeit über viele Jahre begleitet; während der Anstellung am Institut und darüber hinaus bis zum Anschluss. Besonders die Besprechungen zur Zielsetzung und Ausrichtung der Arbeit, sowie viel fachliche und inhaltliche Beratung habe ich ihm zu verdanken.

Mein Dank gilt auch den anderen Kolleginnen und Kollegen des Instituts für Multimediale und Interaktive Systeme der Universität zu Lübeck. Mit vielen von ihnen gab es produktive Gespräche zur Arbeit, oft auch Unterstützung und Ermutigung. Besonders danken möchte ich Tilo Mentler, der mit seiner Forschung im Themengebiet der gebrauchstauglichen mobilen Computersysteme im Rettungsdienst viele Grundlagen gelegt und den Beginn dieser Arbeit stark geprägt hat. Speziell danke ich auch Torben Volkmann und Daniel Wessel für viele interessante und fruchtbare Diskussionen und für die Unterstützung bei der Vorbereitung und Auswertung der Evaluationen.

Eine wichtige Rolle übernahmen Studierende, wenn sie im Kontext dieser Arbeit ihre Qualifizierungsarbeiten oder Projekte absolviert haben. Gerade im Bereich der Programmierung sind wichtige Teilbausteine der Arbeit so entstanden und produktive Diskussionen und Ansätze gefunden worden, wofür ich dankbar bin. Die Namen der Studierenden finden sich entsprechend auch in dieser Arbeit wieder.

Diese Arbeit lebt davon, dass in verschiedenen Stadien und insbesondere in der Evaluation Einsatzkräfte des Rettungsdienstes und Katastrophenschutzes einbezogen wurden, die in dieser Arbeit anonym bleiben. Sie haben sich viel Zeit genommen und oft Ideen und Vorschläge eingebracht. Auch abseits der formellen Arbeitsweise gab es oft Diskussionen zu der Thematik der Arbeit mit Einsatzkräften aus dem Katastrophenschutz, dem Rettungsdienst oder allgemein aus dem Rettungswesen. Deshalb danke ich für die Unterstützung allen Organisationen, die beispielsweise Evaluationen ermöglicht haben, und allen Einsatzkräften, die sich eingebracht haben.

# 1 Einleitung

Sicherheitskritische Mensch-Maschine-Systeme sind Systeme, die Mensch, Maschine (in dieser Arbeit Computersysteme) und eine Umgebung integrieren und ein hohes Risikopotenzial aufweisen (Herczeg, 2014). Eine besondere Bedeutung kommt der Gruppe der Prozessführungssysteme zu, bei denen Prozesse in Echtzeit überwacht und gesteuert werden. Dabei ist mit Echtzeit eine „angemessen kurze“ definierte Zeitspanne gemeint, beziehungsweise das Erfolgen von „Interaktionen innerhalb eines definierten Zeitfensters“ (Herczeg, 2014, S. 3&213). Die Verwendung solcher Systeme ist in Domänen wie der Kraftwerkstechnik oder der Luftfahrt teilweise seit Jahrzehnten in Form von stationären Systemen<sup>1</sup> etabliert.

Die Einführung von Prozessführungssystemen ist eng verbunden mit der Veränderung der Interaktionselemente. An die Stelle elektro-mechanischer Instrumente treten digitale Anzeigen, die mehr und dynamischen Informationsgehalt unterbringen können. Für Flugzeuge wird diese Transformation bereits 1972 von Pallett im Buch „Aircraft Instruments: Principles and Applications“ beschrieben. Breitflächig zur Umsetzung kommt sie spätestens in den 1980er-Jahren mit Einführung des „Primary Flight Displays (PFD)“ und anderen Anzeigesystemen, oftmals zusammengefasst unter dem Begriff des „Glass Cockpit“ (u.a. Sweet, 1995; Knight, 1997). Hutchinson nennt 1986 in Bezug auf das PFD als Potential, dass es die Sicherheit erhöhen und eine effizientere Bedienung ermöglichen könne. In jedem Fall bewirkt die Einführung solcher multifunktionalen Anzeigen die Schaffung einer Arbeitsteilung zwischen Mensch und Computer. So kann bereits die Zusammenfassung verschiedener Sensoren in einer Anzeige als Abgabe einer Teilaufgabe an den Computer gesehen werden. Es erscheint folgerichtig, dann auch Sensorinformationen und Computerleistung zu nutzen, um Aufgaben zu automatisieren. Tatsächlich und interessanterweise ist dieser Ansatz jedoch älter. So datiert Pallett (1972) die erste Verwendung von „*automatic pilot[s]*“ auf die späten 1930er-Jahre, beschreibt aber auch den Zusammenhang mit „*integrierten Flug-Instrumenten*“ moderner Flugzeuge, da diese neben der Anzeige von Flugdaten auch der Visualisierung bereits automatisierter Prozesse dienen. Eine umfassende Zusammenfassung und kritische Betrachtung über die frühe Automatisierung der Luftfahrt gibt Billings (1997). In dieser Arbeit wird der Begriff der „Automation“ wie bei Herczeg (2018) für Konzepte und Technologien verwendet, aber auch als allgemeiner Überbegriff. Der Prozess der Realisierung oder Einführung wird als „Automatisierung“ bezeichnet. Ein solcher automatisierter Prozess, in dem der Computer „autonom“ agiert, ist dann eine „Automatik“ (Herczeg, 2014). Automaten unterstützen oder

---

<sup>1</sup> Als stationäre Systeme werden in dieser Arbeit auch Computersysteme betrachtet, die fest in Fahrzeugen eingebaut sind. Zwar sind Fahrzeuge als Gesamtstruktur mobil, darin verbaute Computersysteme bleiben in Einzelbetrachtung aber immer am festen Platz.

ersetzen den Menschen in Aufgaben, die bislang von diesem allein durchgeführt wurden, wobei die Unterstützung unterschiedliche Dimensionen annehmen kann. Der Begriff wird in dieser Arbeit nur für sehr konkret beschriebene Umsetzungen genutzt.

In Zusammenhang mit Automation wird oft der Begriff der „Assistenz“ genannt. In dieser Arbeit soll Assistenz bedeuten, dass der Computer den Menschen bei seinen Aufgaben unterstützt im Sinne einer Hilfstätigkeit, jedoch nicht ersetzt. Damit ist der Begriff nicht trennscharf zur Automation, fokussiert im Gegensatz zu dieser allerdings auf eine geeignete Mensch-Computer-Interaktion. Assistenz kann ohne Automaten vorliegen, zum Beispiel in Form einer Bündelung von Funktionen oder der Anzeige situationsunabhängiger Hinweise. Sie kann auch zu niedrigen bis mittleren Leveln der Automation passen, etwa indem situationsabhängige Hinweise gegeben oder sogar Strategien vorgeschlagen werden (Ludwig, 2015). Während eine Vollautomation des Gesamtprozesses der Definition widerspricht, kann sogar von Assistenz gesprochen werden, wenn ein System einen dem Gesamtziel untergeordneten Teilprozess komplett übernimmt. So nennt Ludwig (2015) mit Blick auf das Kraftfahrzeugwesen Beispiele wie das Antiblockiersystem und das adaptive Kurvenlicht und stellt fest, dass *„fast alle dieser Assistenten sich durch autonome Funktionalität auszeichnen“*, wobei sie als Hauptaufgabe die Kontrolle des Fahrzeugs unterstützen.

Mit der zunehmenden Verfügbarkeit leistungsfähigerer und insbesondere kleinerer Computersysteme sind in den letzten Jahren neue Anwendungsbereiche geschaffen worden. Computersysteme sind inzwischen in vielen Anwendungsfeldern, etwa in der Medizintechnik und in modernen Kraftfahrzeugen zu finden. In beiden Fällen lässt sich eine Parallele zur bereits beschriebenen Luftfahrt ziehen. Im Bereich der Medizintechnik gehören sicherlich die „Automatisierten Externen Defibrillatoren (AED)“ zu den bekanntesten Beispielen. Sie ermöglichen mittels Computertechnik einen automatischen Defibrillationsprozess beim Herzkammerflimmern, sodass dieser durch Laien initiiert werden kann. Die Idee wird unter anderem von Schönegg und Bolz schon im Jahre 2000 prägnant beschrieben, inzwischen sind AED breit verfügbar<sup>2</sup>. Auch im Kraftfahrzeugwesen ist Automatisierung ein wichtiges Thema und diverse Automaten bereits in Serienreife, meist in Form von Assistenzfunktionen. Einige Beispiele sind bereits in der Definition der Assistenz oberhalb genannt. Daneben ist etwa für LKW-Neuzulassungen (über acht Tonnen) seit 2015 ein „Notbremsassistent“ Pflicht, während Systeme für komplexere Manöver wie Ausweichassistenten in Untersuchung sind (Speck, Tenbrock, Gohl & van Rooij, 2016). Ein Vorreiter im PKW-Bereich für Automaten fern der Assistenzfunktionen ist der Hersteller Tesla, der bereits 2016 mitgeteilt hat: *„All Tesla Cars Being Produced Now Have Full Self-Driving Hardware“* (Tesla

---

<sup>2</sup> Siehe zum Beispiel das „Defi-Kataster“: <http://definetz.online/defikataster-hp> (Zugriff am: 10.10.2021)

Team, 2016). Die Aussage wird nachfolgend allerdings eingeschränkt, dass diese Möglichkeiten der Hardware erst später nach Tests und Kalibrierung freigeschaltet werden sollten. Gesetzlich ist autonomes Fahren im öffentlichen Straßenverkehr in Deutschland mit dem 2021 verkündeten „Gesetz zum autonomen Fahren“ inzwischen möglich, wenn auch nur auf definierten Straßen. Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2021) nennt Deutschland den „*erste[n] Staat weltweit, der Fahrzeuge ohne Fahrer aus der Forschung in den Alltag holt*“ und setzt das Ziel, „*bis zum Jahr 2022 Fahrzeuge mit autonomen Fahrfunktionen in den Regelbetrieb zu bringen*“. Bekannt geworden sind diverse Projekte für autonome Busse.<sup>3</sup> Derweil geht eine vom ADAC in Auftrag gegebene Studie von 2018 davon aus, dass in den kommenden Jahren erste Autos das autonome Fahren auf Autobahnen ermöglichen, während das für das autonome Fahren in der Stadt erst ab ca. 2030 und für das autonome Fahren auf Landstraßen erst zwischen ca. 2035 bis 2040 gelte (Altenburg, Kienzler & Auf der Maur, 2018).

Computersysteme in sicherheitskritischen Bereichen können prinzipiell die Bearbeitung zusätzlicher Aufgaben ermöglichen, für die zwangsläufig eine technische Unterstützung benötigt wird; der AED ist dafür ein Beispiel. Sie können aber auch Teile von Aufgaben oder komplette Aufgaben von Menschen übernehmen, wie das Beispiel der Luftfahrt verdeutlicht. So schätzt das Office of Inspector General for the Department of Transportation (USA), dass bei 90% der Flugzeiten Automaten genutzt werden (Hampton, 2016). Dann gehen mit der Entwicklung und Verwendung zunehmend auch Fragestellungen zur vollständigen oder teilweisen Automatisierung von Aufgaben einher, die ursprünglich komplett von Menschen bearbeitet werden. Ein komplett neues Potential für sicherheitskritische Prozessführungssysteme im Allgemeinen und Automation im Speziellen bieten mobile Computersysteme im Sinne von Smartphones, Tablets und ähnlicher Geräte. Sie können auch für Aufgaben in Kontexten verwendet werden, für die stationäre oder zumindest großvolumige Systeme nicht geeignet wären.

In dieser Arbeit wird die Verwendung von Computersystemen in Einsatzorganisationen mit Fokus auf die Automatisierung organisatorischer Prozesse untersucht. Dazu wird als Praxisbeispiel die Notfallrettung festgelegt, die sowohl als sicherheits- als auch als zeitkritisch klassifiziert werden kann (Mentler & Herczeg, 2014). Die Fokussierung auf organisatorische Prozesse bedeutet insbesondere, dass die Automatisierung der praktischen Arbeiten der Einsatzkräfte nicht betrachtet wird. Eine solche würde regelmäßig in Richtung der Robotik tendieren.

Die Forschungen beginnen mit einer gründlichen Analyse des Anwendungskontextes unter Herausarbeitung der besonderen Schwierigkeiten und Herausforderungen. Dabei wird festgestellt, dass insbesondere große Einsatzlagen mit vielen Verletzten Problemstellungen aufweisen, die ein

---

<sup>3</sup> Siehe: <https://www.vdv.de/liste-autonome-shuttle-bus-projekte.aspx> (Zugriff am: 30.11.2021)

großes Potential für Automation bieten. Die Unterstützung bei der Erfassung, Organisation und Leitung solcher Lagen lässt sich anhand ihrer Charakteristika in den Bereich der Prozessführungssysteme einordnen. Ein wesentlicher Unterschied zur Nutzung vieler anderer Prozessführungssysteme ist die Häufigkeit der Nutzung, da große Einsatzlagen sehr selten sind.

Die Notfallrettung ist bislang kaum in Hinblick auf Automation untersucht und wegen einer Vielzahl an Herausforderungen und Problemen (zum Beispiel verschiedene Komplexität und Dimension der Einsätze) für die Forschungen besonders gut geeignet. Dabei sollen die Untersuchungen verschiedene Automationsstufen thematisieren, angefangen bei der Unterstützung des Menschen, über verschiedene Arten der Teilautomation, bis hin zur (weitgehenden) Vollautomation. Im Rahmen der Arbeit werden Anwendungsfälle für die (Teil-) Automatisierung herausgearbeitet und Systemlösungen konzipiert und implementiert. Diese werden mit Experten evaluiert und schließlich die Erkenntnisse diskutiert und zusammengefasst.

Der Anwendungsbereich ist hinsichtlich der Computerunterstützung als erster Form einer Assistenz (zum Beispiel Aggregation und Visualisierung von Informationen) bereits in früheren Forschungsarbeiten am Institut für Multimediale und Interaktive Systeme der Universität zu Lübeck (IMIS) untersucht worden, sowohl von anderen Mitarbeitern des Instituts (u.a. Kindsmüller, Mentler, Herczeg & Rumland, 2011) als auch im Rahmen der eigenen Masterarbeit (Berndt, 2015). Dabei fand das Potenzial für Automation jedoch eher wenig Beachtung und wurde lediglich kurz theoretisch betrachtet. Die Erkenntnisse dieser früheren Forschung am Institut werden als Basis für diese Arbeit in Abschnitt 1.4.1 zusammengefasst. Einfluss finden zudem der Stand der Technik inklusive der aktuellen Computerunterstützung im Anwendungsbereich sowie publizierte Erkenntnisse anderer Forschungseinrichtungen (siehe Kapitel 7).

Zur Einführung werden in diesem Kapitel nachfolgend das Notfallereignis definiert (Abschnitt 1.1), die Problemstellung (Abschnitt 1.2) und Zielsetzung (Abschnitt 1.3) für die Forschungen genauer geklärt und die Vorgehensweise erläutert (Abschnitt 1.4).

## 1.1 Das Notfallereignis

Unter einem „Notfall“ wird gemäß dem Duden eine „*Situation, in der dringend Hilfe benötigt wird*“ verstanden (Bibliographisches Institut, 2016). In Bezug auf den Rettungsdienst und im Sinne dieser Arbeit definiert ihn DIN 13050:2015 als „*plötzlich eingetretenes Ereignis, das eine unmittelbare Gefahr für Leben und/oder Gesundheit des Patienten bedeutet, wobei die vitalen Funktionen durch Verletzung oder akute Erkrankung bedroht, gestört oder ausgefallen sind*“. Bei solchen (medizinischen) Notfällen benötigen die Betroffenen aufgrund von Verletzungen oder Erkrankungen Hilfe in Form einer geeigneten Behandlung. Dazu gehören insbesondere die

außerhalb geeigneter medizinischer Einrichtungen stattfindende („präklinische“) Behandlung von Betroffenen sowie der Transport in ein Krankenhaus durch die Notfallrettung. Diese hat gemäß DIN 13050:2015 die Aufgabe, „*bei Notfallpatienten am Notfallort lebensrettende Maßnahmen oder Maßnahmen zur Verhinderung schwerer gesundheitlicher Schäden durchzuführen, gegebenenfalls ihre Transportfähigkeit herzustellen und diese Personen gegebenenfalls unter Aufrechterhaltung der Transportfähigkeit und Vermeidung weiterer Schäden in eine geeignete medizinische Versorgungseinrichtung zu befördern.*“

Vor allem die Terroranschläge in den USA vom 11. September 2001 haben in Deutschland zur verstärkten Betrachtung großer Notfälle und Schadensszenarien geführt. Das wichtigste Resultat ist die „*Neue Strategie zum Schutz der Bevölkerung in Deutschland*“, die in den ersten Grundzügen 2002 verfasst und in der Folge fortlaufend fortgeschrieben wurde (Geier, 2002). Das Elbe-Hochwasser im August 2002 hat Mängel in der Koordinierung, Alarmierung und bundesweiten Zusammenarbeit aufgezeigt (Grün, 2014). Beides führte zur Errichtung des „Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe“ (BBK; §1 BBKG). Dieses arbeitet unter anderem an Konzepten für große Notfälle und hat eine Einordnung in Versorgungsstufen veröffentlicht, die in Tabelle 1 mit den jeweiligen Zuständigkeiten vorgestellt wird.

<b>Stufe</b>	<b>Allgemeines Ziel</b>	<b>Bedeutung für Notfallrettung</b>	<b>Akteure (Rettung)</b>
I	normierter alltäglicher Schutz	flächendeckende Regelversorgung der alltäglichen Gefahrenabwehr	Rettungsdienst
II	standardisierter flächendeckender Grundschutz,	flächendeckende Grundversorgung für besondere Lagen	zusätzlich: Schnelleinsatzgruppen, Teileinheiten Sanitätsdienst
III	erhöhter Schutz für gefährdete Regionen und Einrichtungen	gefahrenschwerpunktorientierte Spezialversorgung [...] für besondere Lagen	zusätzlich: Einheiten Sanitätsdienst
IV	Sonderschutz mit Hilfe von Spezialkräften	exklusive medizinische Sonderversorgung für [...] außergewöhnliche Gefahren- und Einsatzlagen	zusätzlich: Medizinische Task Forces

Tabelle 1: Versorgungsstufen und deren Bedeutung für die Notfallrettung gemäß der „Neue[n] Strategie zum Schutz der Bevölkerung in Deutschland“ vom zuständigen Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2010a, S. 52-54). Die genannten Akteure der höheren Stufen werden in Abschnitt 2.1 näher beschrieben.

Der Großteil der Einsätze in der Notfallrettung liegt in der Versorgungsstufe 1. Bei diesen gibt es nur einen oder wenige Betroffene, sie werden fortan wie bei Holle und Pohl-Meuthen (2002) als „Individualnotfälle“ bezeichnet. Dabei liegt der Fokus auf der bestmöglichen

„individualmedizinischen“ Behandlung, so „*daß jeder Verletzte/Erkrankte sofort und ohne Zeitverzögerung bestmöglich behandelt wird*“ (Müller, 1998). Individualnotfälle können aus medizinischer Sicht vom Rettungsdienst routinemäßig und mit flachen Führungsstrukturen bearbeitet werden.

Die selteneren Einsätze der höheren Versorgungsstufen weisen eine größere Komplexität oder hohe Verletztzahlen auf und stellen damit eine besondere Herausforderung für die Einsatzkräfte dar. In diese Stufen lässt sich der im Rettungswesen wichtige Begriff „Massenanfall von Verletzten (MANV)“<sup>4</sup> einordnen. Der MANV ist in der DIN 13050:2015 als „*Notfall mit einer großen Anzahl von Verletzten oder Erkrankten sowie anderen Geschädigten oder Betroffenen*“ definiert. In dieser Arbeit wird der MANV bewusst auf die Verletzten und Erkrankten reduziert und für diese zur besseren Lesbarkeit allgemein nur der Begriff „Verletzte“ verwendet. Die zusätzliche Betrachtung anderer Geschädigter oder Betroffener würde zu wesentlich komplexeren Analysen führen<sup>5</sup>. Als Beispiele für MANV-Szenarien unterschiedlicher Dimension werden in Abbildung 1 ein Busunfall und ein Flugzeugunglück gezeigt, die beide für Übungen simuliert wurden. Einige Beispiele für reale MANV-Ereignisse werden in Abschnitt 1.4.3 beschrieben.



Abbildung 1: Beispiele für MANV-Übungsszenarien. Links ein simulierter Verkehrsunfall mit Bus, PKW und Fußgängern (Wiesbaden112.de, 2008). Rechts ein MANV im Rahmen der Großübung „SOGRO 500“, bei der 2010 ein Flugzeugunglück mit mehreren hundert Verletzten geübt wurde (Wiesbaden112.de, 2010).

Der MANV wird oftmals durch das zumindest anfängliche Bestehen eines Missverhältnisses zwischen vorhandenen und den für eine individualmedizinische Behandlung jedes Betroffenen benötigten Ressourcen beschrieben. Dadurch erfordert er andere Maßnahmen als der Individualnotfall. Dieser Aspekt war in der (veralteten) DIN 13050:2009 indirekt enthalten, die den MANV als Notfall definiert, „*der mit der vorhandenen und einsetzbaren Vorhaltung des Rettungsdienstes aus dem Rettungsdienstbereich nicht bewältigt werden kann*“. Der genannte Teilsatz der

<sup>4</sup> Die Bezeichnung kann in den Bundesländern abweichen, so sind im Rettungsdienstgesetz von Schleswig-Holstein vor 2020 der Begriff „*Größeres Notfallereignis*“ („GröNo“) und seitdem „*rettungsdienstliches Großschadensereignis*“ zu finden (§1 Absatz 2 SHRDG).

<sup>5</sup> Unter anderem müssten dann zusätzliche Einsatzorganisationen wie der Betreuungsdienst, weitere Aufgaben und Benutzer sowie zusätzliche räumliche und zeitliche Kontexte beschrieben werden.

Definition ist in der neueren DIN 13050:2015 entfallen. Ohne die aktuelle Norm zu stark auslegen zu wollen, kann angenommen werden, dass beim MANV nicht zwangsläufig die Verfügbarkeit der Ressourcen der begrenzende Faktor für die Versorgung sein muss, sondern auch die Koordination der Einsatzkräfte ein Problem darstellen kann. Dazu passt auch die Aussage eines Organisatorischen Leiters (OrgL<sup>6</sup>) als Führungskraft des Rettungsdienstes im Interview: „*Alle Übungen und realen Einsatzlagen haben eigentlich immer gezeigt, dass [...], wenn man ehrlich ist, die Anzahl der Rettungsmittel gar nicht so das Problem ist*“ (OrgL2<sup>7</sup>). Eine charakteristische Eigenschaft ist der ad-hoc-Aufbau organisatorischer Strukturen, insbesondere zur Führung.

Die Grenze zwischen Individualnotfall und MANV kann nicht allgemeingültig festgelegt werden, da sie von der Leistungsfähigkeit des Rettungsdienstes abhängt. Andere Aspekte sind die Situation und die Notwendigkeit einer Einsatzleitung. Üblicherweise werden für den MANV unterschiedliche Stufen definiert, die sich meist vereinfachend auf die Verletztzahl beziehen. Sie werden unter anderem für die Alarmierung der Einsatzkräfte genutzt. Für Schleswig-Holstein ist die nachfolgende Einteilung gängig (Projektgruppe Digitalfunk BOS Schleswig-Holstein, 2015)<sup>8</sup>:

- Stufe 0: 3-6 Verletzte
- Stufe 1: 7-10 Verletzte
- Stufe 2: 11-25 Verletzte
- Stufe 3: 26-50 Verletzte
- Stufe 4: mehr als 50 Verletzte

Eine genauere Spezifizierung bietet der ältere „Alarm- und Einsatzplan GröNo“ der Kreise Stormarn und Herzogtum Lauenburg (Kreis Stormarn, 2012). In diesem ist die Stufe 0 lediglich vom Bedarf einer Koordination abhängig:

- Stufe 0: Es ist eine rettungsdienstliche Einsatzleitung zur fachlichen Beratung oder zur Planung eines eventuell eintreffenden MANVs nötig.
- Stufe 1: 4-10 Patienten: Die Bewältigung ist mit Mitteln des Rettungsdienstes sowie einer rettungsdienstlichen Einsatzleitung möglich. Es gibt ein vorübergehendes Missverhältnis zwischen der Anzahl der Patienten und der Rettungsmittel.
- Stufe 2: 11-20 Patienten: Die Bewältigung ist mit erweitertem Hilfeleistungsangebot sowie rettungsdienstlicher Einsatzleitung möglich. Es liegt ein in „*absehbarer Zeit*“ behebbares Missverhältnis vor.

---

<sup>6</sup> In den wörtlichen Zitaten der Interviews findet sich teilweise auch die Abkürzung „OrgLeiter“.

<sup>7</sup> Die Interviews werden genauer in Abschnitt 1.4 beschrieben. Die Angabe „OrgL2“ gibt an, dass es sich um den OrgL mit der Nummer 2 im Interview gehandelt hat. Sie ermöglicht die Zuordnung, ob unterschiedliche Zitate in dieser Arbeit dem gleichen oder unterschiedlichen OrgL zuzuordnen sind.

<sup>8</sup> Nach Kenntnis des Autors ist in Schleswig-Holstein aktuell (Stand 2023) ein neues Stufensystem in der Umsetzung, das insbesondere auch höhere Verletztzahlen berücksichtigt.

- Stufe 3: 21-40 Patienten: Die Bewältigung ist mit erweitertem Hilfeleistungsangebot sowie rettungsdienstlicher Einsatzleitung möglich. Es gibt ein erhebliches, „gewisse Zeit“ anhaltendes Missverhältnis und größere administrative Aufgaben.
- Stufe Ü: über 40 Patienten. Für die Bewältigung sind ein erhebliches erweitertes Hilfeleistungsangebot und eine rettungsdienstliche Einsatzleitung nötig. Das Missverhältnis dauert „längere Zeit“ an, erhebliche administrative Aufgaben sind zu erledigen.

In beiden Einteilungen können die Stufen 0 und 1 der Versorgungsstufe 1 gemäß oberhalb beschriebener Einteilung des BBK zugeordnet werden, die Stufen 2 und 3 der Versorgungsstufe 2. MANV-Ereignisse der Stufe 4 bzw. Ü werden bei hohen Verletztanzahlen in der Regel in die Versorgungsstufen 3 und 4 fallen. Wie schon die in diesem Bereich nicht mehr weiter unterteilte Stufeneinteilung zeigt, sind große MANV mit mehr als 40 oder 50 bis hin zu mehreren hundert Verletzten selten. Im Interview nannte ein OrgL für den typischen MANV eine Zahl „zwischen 7 und 10 Verletzten oder Erkrankten, selten [...] zwischen 11 und 25“ (OrgL3). Ein anderer erwähnte einen „Verkehrsunfall mit 18 Verletzten [...], die zum Glück auch alle immer nicht viel hatten“ (OrgL1) und ansonsten „viele kleinere Einsätze, die fast mehr unter Übungsaspekten dort reinfallen“ und führte weiter aus: „Also wenn man zum Verkehrsunfall mit vier Verletzten dazu kommt und es sind vier Rettungswagen da, dann hat man als Organisatorischer Leiter nicht so wahnsinnig viel zu tun.“ (OrgL1). Trotzdem ist in diesem Zusammenhang festzustellen, dass es bei der Verletztenanzahl keine Höchstgrenze gibt. Als großes Realereignis und im entsprechenden Landkreis „größtes Szenario nach dem Zweiten Weltkrieg“ wurde von OrgL4 ein Einsatz mit Durchfallerkrankungen genannt. Bei diesem habe es 130 Transporte, „aber keine akut Schwerverletzten“ gegeben und er sei „standardisiert gut zu machen“ gewesen (OrgL4). Als weitere Szenarien mit Potential für einen MANV mit hunderten Verletzten können der Eisenbahnverkehr oder Großveranstaltungen, etwa in Fußballstadien, identifiziert werden.

Neben der Betrachtung der Verletztanzahlen ist eine Einteilung von MANV-Ereignissen in statische und dynamische Lagen üblich. Bei dynamischen Lagen besteht die Möglichkeit einer Veränderung und insbesondere Verschlechterung der Lage während des Einsatzes, weshalb sie andere Vorgehensweisen erfordern können. Ein Beispiel ist das Szenario eines Anschlags, bei dem weitere Anschläge – auch auf Einsatzkräfte – nicht ausgeschlossen werden können. Aufgrund mehrerer solcher Szenarien in den vergangenen Jahren (u.a. New York 2001, Paris 2015, München 2016 und Berlin 2016) werden dynamische Lagen im Rettungsdienst diskutiert (Schilberg, 2017). Eine Einordnung in Bezug auf die Versorgungsstufen ist möglich – allerdings ohne allgemeingültige Abgrenzung. Dabei werden den Versorgungsstufen 1 bis 2 statische Punktlagen zugeordnet, den Versorgungstufen 2 bis 3 dynamische Punktlagen und den Versorgungstufen 3 bis 4 dynamische Flächenlagen (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, 2015a).

Für die Verletzten ist es gängig, diese je nach Verletzungsgrad in Prioritätsgruppen einzuteilen, wobei mit vier Sichtungskategorien gearbeitet wird:

- SK 1 (rot): akute vitale Bedrohung, Sofortbehandlung nötig
- SK 2 (gelb): schwer verletzt, aufgeschobene, aber dringende Behandlung
- SK 3 (grün): leicht verletzt, spätere Behandlung
- SK 4 (blau): ohne Überlebenschance, betreuende Behandlung

Die SK 1 lässt sich weiter einteilen in Verletzte mit und ohne „Transportpriorität“, wobei diese meist als „TP“ abgekürzt wird. Für den MANV wird klassisch angenommen, dass sich die Verletzten prozentual zu 40 % in die SK 1, zu 20% in die SK 2 und zu 40% in die SK 3 einteilen lassen, wobei die SK 1 hier die SK 4 inkludiert (siehe Abschnitt 5.2.3). Neuere Erkenntnisse und Untersuchungen unter Einbeziehung vergangener realer MANV-Ereignisse zeigen auf, dass ein Verteilungsschlüssel mit deutlich weniger vital bedrohten Verletzten realistischer sein dürfte, so dass dann 15-20% in SK 1, 20-30% in SK 2 und 50-60% in SK 3 fallen (Heller, Brüne, Kowalzik & Wurmb, 2018). Trotzdem wird für Übungszwecke und Planungen oftmals die klassische Verteilung mit mehr Schwerverletzten gewählt<sup>9</sup>.

Bei der Betrachtung großer Schadensereignisse fällt umgangssprachlich schnell der Begriff der „Katastrophe“, der in dieser Arbeit bislang noch nicht verwendet wurde. Der Katastrophenfall fällt in die Gesetzgebung der Länder, daher existieren verschiedene, wenn auch einander ähnliche, Definitionen. Nachfolgend ist der Gesetzestext für Schleswig-Holstein angegeben:

*„Eine Katastrophe [...] ist ein Ereignis, welches das Leben, die Gesundheit oder die lebensnotwendige Versorgung zahlreicher Menschen, bedeutende Sachgüter oder in erheblicher Weise die Umwelt in so außergewöhnlichem Maße gefährdet oder schädigt, dass Hilfe und Schutz wirksam nur gewährt werden können, wenn verschiedene Einheiten und Einrichtungen des Katastrophenschutzdienstes sowie die zuständigen Behörden, Organisationen und die sonstigen eingesetzten Kräfte unter einheitlicher Leitung der Katastrophenschutzbehörde zusammenwirken“ (§1 Absatz 1 LKatSG SH).*

Entsprechend der genannten Definition kann ein MANV größerer Dimension durchaus als Katastrophenfall verstanden werden. Gleichzeitig lassen sich aber auch Katastrophen ohne medizinische Notfälle (z.B. Versorgung vieler unverletzter Betroffener) oder mit lediglich einzelnen Verletzten im Sinne des Individualnotfalls (z.B. Hochwasserlagen) finden, die für diese Arbeit wenig

---

<sup>9</sup> Die theoretische Annahme findet sich als Planungsgrundlage z.B. im MANV-Konzept des Kreises Olpe (Kreis Olpe, 2018). Die hier als „*vermutlich realistischer*“ angegebene Verteilung wurde unter anderem in der 6. Sichtung-Konsensus-Konferenz berücksichtigt. Im Protokoll der Konferenz wird allerdings empfohlen, weiterhin die theoretische Annahme zu nutzen, „*solange keine wissenschaftlichen Daten vorliegen*“ (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, 2016).

Relevanz haben. Der Begriff der Katastrophe ist für diese Arbeit daher, aber auch aus einem weiteren Grund ungeeignet. So tritt der Katastrophenfall regelmäßig erst und nur dann in Kraft, wenn er durch die Katastrophenschutzbehörde (meist in Person des Hauptverwaltungsbeamten des Landkreises oder der kreisfreien Stadt) festgestellt wird (z.B. §16 LKatSG SH). Im Unterschied zum MANV-Begriff fehlt also eine klare Abgrenzung, etwa in der Dimension. Variabel ist auch der zeitliche Aspekt: So wurde beispielsweise beim Eisenbahnunfall von Eschede (nähere Beschreibung in Abschnitt 1.4.3) der Katastrophenfall erst eineinhalb Stunden nach Eintritt des Schadensereignisses (12:30 Uhr und 10:59 Uhr) ausgerufen, und hatte anschließend knapp drei Stunden Bestand (bis 15:15 Uhr gemäß Bakeberg, 1999).

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Versorgungsstufen 3 und 4 schon wegen der hohen Verletztanzahl regelmäßig als Katastrophenfall behandelt werden. Bezüglich Teilaspekten wie der Alarmierung und der ersten Einsatzphasen bleibt die Betrachtung als MANV großer Dimension jedoch zielführender.

## 1.2 Problemstellung

Wie einleitend beschrieben, liegt der Fokus dieser Arbeit auf der Untersuchung von Möglichkeiten zur Teilautomatisierung in der Organisation und Führung der Notfallrettung. Die Arbeit ist eingegrenzt auf den Einsatzdienst am Notfallort. Verwaltungs- und Bürotätigkeiten werden explizit nicht betrachtet.

Für Automation ist eine Grundvoraussetzung, dass Daten vorliegen. Im Gegensatz beispielsweise zu Flugzeugen gibt es jedoch keine Sensordaten, auf die direkt zugegriffen werden kann. Es lohnt sich daher, vor der Konzeption eines Computersystems den Stand der Computernutzung im Rettungsdienst, beziehungsweise dessen „digitale Transformation“ zu betrachten. Dieser Begriff, oft irreführend auch als „Digitalisierung“ bezeichnet, steht für die Veränderung unterschiedlicher Anwendungsfelder durch die vermehrte Verwendung digitaler Technologien. Die digitale Transformation ist in den vergangenen Jahren stark in den Fokus von Gesellschaft und Politik gerückt, wie die Umsetzungsstrategie „Digitalisierung gestalten“ der Bundesregierung zeigt (Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, 2020).

Im Rahmen dieser Fokussierung lässt sich schnell feststellen, dass sich die digitale Transformation im Kontext des Rettungsdienstes im Anfangsstadium befindet. So schreibt die Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. in der Pressemitteilung zu ihrer 66. Jahresfachtagung 2019 als Haupt-Resümee: *„Deutlich wurde vor allem die Erkenntnis, dass Feuerwehren und Rettungsdienste von morgen ohne umfassende Nutzung digitaler Technik nicht mehr die Anforderungen der Zukunft werden erfüllen können.“*

Eine vielfach geäußerte Problemstellung in der Notfallrettung ist die Dokumentation, weshalb naheliegend ist, dass bisherige digitale Systeme zumeist an diesem Punkt ansetzen (siehe auch Kapitel 7). Die papierbasierte Dokumentation verhindert eine effiziente Weiterverwendung der Daten, sei es im Krankenhaus, zu Abrechnungszwecken oder im Qualitätsmanagement. Gräfe hat 2016 Rettungsdienst-Protokolle untersucht und festgestellt, dass bei stark variierender Ausfüllquote nur 2,6% „in den geforderten Kategorien vollständig dokumentiert waren“ und zudem 40% der Protokolle schlecht oder gar nicht leserlich waren. Die elektronische Notfalldokumentation bietet dagegen unter anderem die Möglichkeit von Plausibilitäts- und Vollständigkeitskontrollen (Reng, 2002; Lohs, Wnent, Jakisch, 2018). Reng (2002) nennt allerdings auch Nachteile wie die Technikabhängigkeit, sowie eventuell höhere Zeitaufwände und Kosten. Weitere Probleme sind etwa bei Dörges, Heller, Reichel und Callies (2013) zu finden.

Mobile Systeme für die Dokumentation werden in den letzten Jahren zunehmend in den Rettungsdiensten eingesetzt, wobei primär auf den Individualnotfall fokussiert wird. Sie sind aber bislang (Stand 2022) noch nicht flächendeckend in Deutschland eingeführt; vielerorts wird weiterhin papierbasiert dokumentiert. In Bezug auf den MANV ergibt sich ein ähnliches Bild. Die Dokumentation erfolgt hier zusätzlich zur individuellen Patientendokumentation auch einsatzbezogen mit spezialisierten Fahrzeugen (Einsatzleitwagen), entweder elektronisch oder in Papierform. Mobile Systeme sind im MANV bislang kaum verbreitet. Die Nutzung solcher Systeme für Teilaufgaben ist wissenschaftlich allerdings bereits in verschiedenen Projekten erforscht worden. Es gibt erste Produkte, zum Beispiel für die Vorsichtung als Einteilung der Verletzten in die in Abschnitt 1.1 eingeführten Sichtungskategorien (siehe Kapitel 7).

Im Rahmen der Computerunterstützung kann die Dokumentation nur ein Anfang sein. So liegt es nahe, dass große Notfälle regelmäßig Herausforderungen in den Bereichen Organisation und Führung mit sich bringen (siehe Abschnitt 1.1). Trotz des seltenen Auftretens ist es aufgrund des sicherheits- und zeitkritischen Charakters erforderlich, dass auch diese Notfälle möglichst gut bewältigt werden, da davon Menschenleben abhängig sind. Dementsprechend besteht Forschungsbedarf in Hinblick auf die Unterstützung bei der Organisation und Führung durch Automatisierung von Aufgaben. Dabei muss nicht direkt eine Vollautomation gemeint sein, auch andere Grade sind denkbar, beispielsweise als Aufgabenteilung zwischen Mensch und Computer oder im Sinne von Assistenzfunktionalität. In dieser Arbeit werden die theoretischen Grundlagen geschaffen und die Sinnhaftigkeit einer solchen Automation erarbeitet und evaluiert.

### 1.3 Zielsetzung und Forschungsfragen

Auf Basis zu identifizierender Problemstellungen und Potentiale für Automation widmet sich diese Dissertation als zentrales Thema der Fragestellung, ob und in welcher Form organisatorische Prozesse bei Notfallereignissen durch Automatisierung optimiert werden können und wie eine geeignete Systemlösung aussehen kann. Dafür werden folgende Hypothesen aufgestellt:

- Hypothese 1: Eine passende Automation ermöglicht eine effektivere und effizientere Bewältigung von Massenanfällen von Verletzten.
- Hypothese 2: Der Grad der Automation muss vom Benutzer einstellbar sein, damit das System zu den Anforderungen der Benutzer passt und akzeptiert wird.
- Hypothese 3: Die Automation muss verständlich sein, ansonsten wird sie nicht genutzt.

Hypothese 1 ist überprüfbar, wenn Kriterien für die Effektivität und Effizienz festgelegt werden. Im Folgenden wird die Definition gemäß der DIN EN ISO 9241-11:2018, die sich mit der Gebrauchstauglichkeit von Systemen befasst, genannt:

- Effektivität ist gemäß der Norm „*die Genauigkeit und Vollständigkeit, mit denen Benutzer bestimmte Ziele erreichen*“.
- Effizienz bezeichnet gemäß der Norm „*die im Verhältnis zu den erreichten Ergebnissen eingesetzten Ressourcen*“.

Es ist ersichtlich, dass die Begriffe der Effektivität und Effizienz nicht nur auf Computersysteme bezogen werden können. Daher werden Arbeitsdefinitionen für den MANV festgelegt.

Beim MANV ist das Hauptziel, „*vermeidbare Todesfälle zu verhindern und Folgeschäden zu begrenzen*“ (Trümpler, Hübner & Bohn, 2018). Damit existiert zumindest theoretisch ein Maß für die Effektivität, also die Genauigkeit und Vollständigkeit. Die Effizienz erscheint in Bezug auf eine isolierte Betrachtung des oder der Verletzten auf den ersten Blick weniger kritisch. Wichtig ist sie beim MANV aber bei der Einteilung von Ressourcen, gerade da in der Anfangsphase grundsätzlich zu wenige Rettungskräfte bereitstehen (siehe Abschnitt 1.1). Naheliegend ist es, die Effizienz in Form von Zeit oder Kosten zu messen. Die Zeit fließt jedoch bereits in die Effektivität ein, da sich die Situation von Verletzten in der Regel mit der Zeit verschlechtert. Wenn Menschenleben soweit möglich gerettet und gesundheitliche Schäden abgewendet werden (Effektivität), dürfte eine geringe Effizienz, etwa durch zu viele Ressourcen am Einsatzort, eher unerheblich sein. Wird sie dagegen mit Blick auf den gesamten Rettungsdienst und losgelöst vom einzelnen MANV-Ereignis beurteilt, so bindet ein nicht effizient verlaufender MANV rettungsdienstliche Ressourcen, die für andere Einsätze fehlen. Damit vermindert er die Effektivität des Rettungsdienstes insgesamt. Zusammengefasst sind also sowohl Effektivität als auch Effizienz im Sinne

der Definition der Norm wichtig beim MANV, unabhängig davon, ob es eine Systemunterstützung gibt oder mit konventionellen Mitteln gearbeitet wird.

Die Hypothese 2 („*Der Grad der Automation muss vom Benutzer einstellbar sein, damit das System zu den Anforderungen der Benutzer passt und akzeptiert wird*“) begründet sich auf verschiedene Annahmen. Automation muss und soll den Benutzer nicht ersetzen, schon da kaum alle potentiell möglichen MANV-Situationen bedacht und berücksichtigt werden können. Dementsprechend muss der Benutzer Aufgaben selbst übernehmen können. Ziel der Automatisierung soll also eine Unterstützung des Benutzers sein (siehe Abschnitt 1.2). Die Hypothese berücksichtigt, dass die Benutzer unterschiedliche Arbeitsweisen und Strategien entwickeln und dementsprechend der Bedarf an Automation variieren kann.

Die Hypothese 3 („*Die Automation muss verständlich sein, ansonsten wird sie nicht genutzt*“) stellt eine Annahme dar, die zu untersuchen ist. Die Verständlichkeit wird vor allem bei höheren Automationsstufen interessant und hat verschiedene Dimensionen. So kann ein System verständlich sein, weil dessen Arbeitsweise (im Sinne eines technischen Modells gemäß Herczeg, 2018) vergleichbar mit der des Benutzers ist und ausreichend gut visualisiert wird. Ein System kann aber auch bei sehr komplexen Prozessen verständlich werden, wenn es diese erklärt. Ob eine Verdeutlichung der Ergebnisqualität reicht, ist unklar. Die Akzeptanz eines nicht durchschaubaren Algorithmus oder etwa eines neuronalen Netzes wäre diesbezüglich ein gesondert zu untersuchender Extremfall (siehe Abschnitt 5.3.4). Mit der Ergebnisqualität besteht ein Zusammenhang zur Effektivität der Hypothese 1.

Die genannten Aspekte können als „Transparenz“ verstanden werden. Wichtig ist in Bezug auf Hypothese 3 auch die „Selbstbeschreibungsfähigkeit“ des Systems, so dass der Benutzer jederzeit weiß, an welcher Stelle des Systems oder einer Automatik er sich befindet und warum. Diese ist einer der Grundsätze der Dialoggestaltung gemäß DIN EN ISO 9241-110:2006 beziehungsweise eines der Interaktionsprinzipien gemäß DIN EN ISO 9241-110:2020 (nachfolgend „Dialoggrundsätze“ genannt). Die Hypothese 3 wird im Vergleich zu den anderen beiden Hypothesen am schwierigsten untersuchbar sein. Ein Ansatz wäre, dass transparente und weniger transparente Aspekte realisiert werden und anschließend von Experten bewertet werden, nachdem sie das System genutzt haben. So könnten A/B-Tests zeigen, ob eine Systemvariante eine bessere Selbstbeschreibungsfähigkeit hat als eine andere. Diese Methodik ist jedoch sehr zeitaufwändig und für diese Arbeit nicht praktikabel. Daher wird die Hypothese im Sinne der Fokussierung auf die mentalen Modelle der Benutzer mit subjektiven Aussagen in Fragebögen und Interviews im Anschluss an die Systemnutzung untersucht.

In Bezug auf die Automation soll erforscht werden, in welchem Grad und Ausmaß sie zweckmäßig ist, wobei sowohl objektive Feststellungen wie die Effizienz als auch subjektive Faktoren, wie die Akzeptanz und die Vorstellungen der Benutzer einfließen. Daneben wird untersucht, welche Aufgaben sich für eine Automatisierung eignen. Dabei kann die Eignung auf verschiedenen Faktoren basieren. So kann sie direkt abgeleitet werden, wenn festgestellt werden sollte, dass Aufgaben besser durch Computersysteme erledigt werden können als durch Menschen. Ebenso können sich aber auch Aufgaben für die Automatisierung eignen, die vom Menschen aufgrund zeitlicher, räumlicher oder anderer Bedingungen nicht adäquat durchführbar sind. Die Analysen dieser Arbeit identifizieren solche Aspekte. Die Frage der Nutzung in der Praxis, insbesondere auch der langfristigen Nutzung, wird allerdings nicht abschließend geklärt werden können, da sie über diese Arbeit hinausgehende Langzeitstudien im Feld erfordert.

## 1.4 Vorgehensweise, Methodik und Studien

In dieser Dissertation werden Methoden eines menschenzentrierten Gestaltungsprozesses genutzt, soweit das angesichts der begrenzten Zahl an Experten und deren zeitlichen Ressourcen möglich ist. Besondere Berücksichtigung findet die Gebrauchstauglichkeit, insbesondere in der Ausprägung der Dialoggrundsätze. Dabei wird in dieser Arbeit die ältere Normausgabe DIN EN ISO 9241-110:2006 verwendet, da diese während der Konzeptions- und Evaluationsphase dieser Arbeit relevant war und sich begrifflich unter anderem in einem Fragebogen der Evaluation wiederfinden lässt<sup>10</sup>. Die Selbstbeschreibungsfähigkeit wurde bereits in Bezug auf die Hypothese 3 genannt (siehe Abschnitt 1.3). Der Sicherstellung der Kriterien „Aufgabenangemessenheit“ und „Erwartungskonformität“ dienen insbesondere die gründlichen Analysen dieser Arbeit. Sie werden zusammen mit den Kriterien „Lernförderlichkeit“, „Steuerbarkeit“ und „Fehlertoleranz“ in der Konzeption ständig berücksichtigt. Die „Individualisierbarkeit“ wird im Rahmen der Konzeption in Bezug auf den sicherheitskritischen Kontext diskutiert (siehe Kapitel 8).

Die Untersuchungen dieser Arbeit werden durch eine umfassende Analyse der Organisation, der Benutzer, der Aufgaben sowie der räumlichen und zeitlichen Faktoren fundiert (siehe Kapitel 2 bis 5). Diese Analyse basiert zu einem großen Teil auf Literaturrecherchen. Der Autor dieser Arbeit ist selbst im Katastrophen- und Zivilschutz aktiv, weshalb eigene Beobachtungen aus MANV-Übungen unterschiedlicher Dimension und eine Vielzahl informeller Gespräche im Zeitraum dieser Arbeit als weitere Informationsquellen einfließen. Eine weitere Quelle sind mehrere

---

<sup>10</sup> In DIN EN ISO 9241-110:2006 werden die Kriterien von „Grundsätze[n] der Dialoggestaltung“ zu „Interaktionsprinzipien“ verallgemeinert. Der Begriff der „Lernförderlichkeit“ wird durch „Erlernbarkeit“ ersetzt, „Fehlertoleranz“ durch „Robustheit gegen Benutzungsfehler“. Die in Bezug auf die Kriterien gravierendste, da stark inhaltliche Änderung ist der Ersatz der „Individualisierbarkeit“ durch „Benutzerbindung“.

Interviews. So wurde im Rahmen der eigenen Masterarbeit von 2015 unter anderem ein semi-strukturiertes Interview mit zehn Einsatzkräften des Rettungsdienstes und Katastrophenschutzes geführt (Berndt, 2015). Dieses war zwar auf das Thema der Masterarbeit, den Nutzen von Smart-glasses, also interaktiven Datenbrillen, fokussiert, dennoch sind Erkenntnisse etwa zu den Aufgaben und Benutzern auch für diese Arbeit interessant. Speziell für die Analysephase dieser Dissertation sind weitere fünf ausführliche Interviews mit Organisatorischen Leitern als Führungskräften des Rettungsdienstes im Zeitraum von September 2016 bis März 2017 geführt worden. Bei diesen war die Zielsetzung, qualitative Informationen zu organisatorischen Abläufen beim MANV zu erhalten. Die Interviews wurden aufgezeichnet und transkribiert. Erste Aussagen sind bereits in Abschnitt 1.1 genannt worden. Informationen zur Methodik der Interviews werden in Abschnitt 1.4.2 gegeben. Die Inhalte der Analysekapitel werden zudem teilweise durch Beispiele realer MANV-Ereignisse verdeutlicht, die in Abschnitt 1.4.3 eingeführt werden. Auf Basis und als Fazit der Analysen werden Problemstellungen identifiziert (siehe Kapitel 6).

Anschließend folgt Kapitel 7, das den Stand der Technik beschreibt und dabei darauf eingeht, welche Probleme bereits in aktuell verfügbaren oder wissenschaftlich publizierten Systemen adressiert werden. Das Führungskräfte-system inklusive der Automaten sowie für den Betrieb benötigte Systemkomponenten eines Gesamtsystems für den MANV werden in den Kapiteln 8 bis 10 in Bezug auf die Konzeption und Realisierung beschrieben. Für die Erzeugung von Daten werden zusätzlich zu den Komponenten des Gesamtsystems auch Simulationskomponenten vorgesehen, die Abläufe beim MANV anhand von Beispieldaten erzeugen.

Das realisierte System wird genutzt, um die Hypothesen in einer summativen Evaluation zu überprüfen. In diesem Rahmen wird zudem die Gebrauchstauglichkeit der Systemlösung in Bezug auf die Dialoggrundsätze erhoben. Die Methodik, Ergebnisse und Interpretationen werden in Kapitel 11 erläutert. Sie legen den Grundstein für die abschließenden Erkenntnisse dieser Arbeit (siehe Kapitel 12).

#### 1.4.1 Vorarbeiten am IMIS

Eine direkte Grundlage für diese Arbeit bilden die Vorarbeiten am IMIS, die in diesem Abschnitt zusammengefasst werden. Diese wurden 2010 mit Überlegungen zu Eingabegeräten und Eingabeverfahren für die Dateneingabe beim MANV und der Vorstellung eines Prototyps für ein Tablet-System für die Eingabe von Informationen zum MANV und zu den Verletzten (Mentler, Kindsmüller, Rumland & Herczeg, 2010) begonnen. Anschließend folgte ab März 2011 ein Projekt zur Entwicklung eines mobilen computerbasierten Dokumentations- und Informationssystems in Zusammenarbeit mit dem Kooperationspartner „Behra Unternehmensberatung GmbH“

aus Hamburg. Als Resultat umfangreicher Analysen (Mentler, Kindsmüller, Herczeg & Rumland, 2011) wurde das „Care&Prepare-Prinzip“ erarbeitet und publiziert (Kindsmüller et al., 2011):

- „Care“ bedeutet, dass bei der Systementwicklung und der Gestaltung der Benutzungsoberflächen die Kontextfaktoren des Nutzers, insbesondere in Bezug auf die Wahrnehmung und kognitive Möglichkeiten, zu berücksichtigen sind.
- „Prepare“ bedeutet, dass das System so gestaltet sein soll, dass die Nutzung in der täglichen Routine auf die Nutzung im MANV vorbereitet. Generell sollte die MANV-Funktionalität also auf der für den Individualnotfall aufbauen und diese erweitern.

Das eigentliche System wurde in einem menschenzentrierten iterativen Gestaltungsprozess entwickelt, wobei der Fokus auf der Konfigurierbarkeit des Systems sowie der Konzeption der Benutzungsoberfläche lag, die unter anderem mittels Szenarien, Mock-Ups und alternativen Entwürfen erfolgte. In dem Zusammenhang wurden beispielsweise Menüformen wie Marking Menus getestet (Mentler, Kutschke, Herczeg & Kindsmüller, 2013). Das System wurde sowohl in formativen Evaluationen während der Entwicklung als auch abschließend in einer summativen Evaluation überprüft. Dabei wurden verschiedene Evaluationstechniken wie Expertenreviews, Workshops und die Evaluation im Rahmen einer MANV-Übung genutzt (Mentler & Herczeg, 2013).

Im Anschluss an die Entwicklung des Tablet-Systems wurden Erkenntnisse zu Human Factors und der Ergonomie (Mentler & Herczeg, 2014; Herczeg, 2018) sowie insbesondere zur Verbesserung der Situation Awareness durch kognitive Artefakte (Mentler & Herczeg, 2015), wie etwa dem Tablet-System, publiziert. Parallel zum Tablet-System wurde an einem interaktiven Trainingssystem auf Basis eines Multitouch-Tisches geforscht (Mentler, Jent & Herczeg, 2013). In der Zeit unmittelbar vor dem Start der Forschungen an der vorliegenden Arbeit wurden Smartglasses als neue Eingabeform betrachtet. Ein Resultat war die auch in dieser Arbeit thematisierte Masterarbeit des Autors (Berndt, 2015). Die Arbeiten am Institut ab August 2015 liefen parallel oder im Kontext der Forschungen der vorliegenden Arbeit. Sie fließen daher direkt in diese Arbeit ein und werden an geeigneter Stelle thematisiert und zitiert.

## 1.4.2 Methodik der Interviews

In diesem Abschnitt wird die Methodik der bereits in Abschnitt 1.4 genannten Interviews erläutert. Ziel der Interviews war es, von Experten qualitative Aussagen zum MANV zu erhalten, die einerseits in die Analyse einfließen, andererseits aber auch Ansatzpunkte für Automatisierung liefern sollten. Geführt wurden sie mit fünf Führungskräften des Rettungsdienstes, die als OrgL tätig sind. Diese stammten aus verschiedenen Rettungsdiensten in Schleswig-Holstein. Für jedes Interview war eine Stunde vorgesehen. Der Zeitansatz passte im Wesentlichen; drei Interviews

dauerten etwas länger, zwei kürzer. In einem ersten Schritt wurden Daten zur Person wie das Alter und der Erfahrungsstand erhoben, anschließend folgte ein semistrukturiertes Interview auf Basis eines Interviewleitfadens. Dieser war aufgeteilt in die Themenbereiche:

- Aufgaben und Probleme des OrgL beim MANV,
- Systemunterstützung und Automation,
- Organisation und Führung,
- zeitliche, räumliche und Kontextbedingungen und
- Hilfsmittel.

Die Teilnehmer wurden für das Interview besucht, um die Teilnahme so einfach wie möglich zu gestalten. Alle Interviews wurden einzeln durchgeführt und als Tonaufnahme aufgezeichnet, anschließend transkribiert und ausgewertet. Die befragten OrgL waren zum Interviewzeitpunkt zwischen 33 und 42 Jahre alt und hatten nach eigenen Angaben zwischen 5 und 16 Jahre Erfahrung als OrgL. Teilweise gaben Sie zusätzliche Qualifikationen an, darunter Führungskräfteausbildungen des Katastrophenschutzes oder ein Studium im Bereich der Notfallmedizin.

### 1.4.3 Betrachtete reale MANV-Ereignisse

In dieser Arbeit werden einige reale MANV-Ereignisse betrachtet, um weitere Erkenntnisse für die Analyse und die Konzeption des Systems zu erlangen. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um die folgenden Ereignisse<sup>11</sup>:

- Flugschauunglück von Ramstein am 28.08.1988: Bei einer Flugschau auf einem US-Militärflugplatz mit über 300.000 Zuschauern (Vemmer, 2003) kollidierten drei Flugzeuge, eines davon stürzte nach dem Aufprall auf die Erde in die Zuschauer. Durch Flugzeugteile, brennendes Kerosin sowie getroffene Imbisswagen gab es initial zahlreiche Tote und mehr als 500 Verletzte (Vemmer, 2003). Insgesamt beläuft sich die Anzahl der Toten des Ereignisses auf 70 (laut Gedenkstein in der Nähe des Unfallortes).
- Eisenbahnunfall von Eschede am 03.06.1998: Nach der Entgleisung eines Intercity-Express (ICE) aufgrund eines defekten Radreifens kollidierten mehrere Wagen des Zuges mit einer Brücke und schoben sich ineinander. Die genaue Zahl der Reisenden wurde laut Frankfurter Allgemeiner Zeitung (2002) nie festgestellt. Sie dürfte zwischen ca. 220 (Grafe, 2010) und ca. 300 (Frankfurter Allgemeine Zeitung, 2002) gelegen haben; der Zug war damit höchstens zu etwa der Hälfte ausgelastet. Laut Quirini (1999) gab es am Unfallort 96 Tote und 123 „*primär überlebende Personen*“, darunter 69 Schwerverletzte,

---

<sup>11</sup> Wird auf andere Ereignisse verwiesen, so werden diese an der Verweisstelle kurz eingeführt.

19 Verletzte, 20 Leichtverletzte sowie 16 Unverletzte<sup>12</sup>. Im Krankenhaus verstarben weitere fünf Personen (Quirini, 1999). Ein Unfalluntersuchungsbericht liegt nicht vor, laut Eisenbahn-Unfalluntersuchungsstelle des Bundes wurde keiner angefertigt<sup>13</sup>.

- Zugkollision von Bad Aibling – Kolbermoor am 09.02.2016: Auf freier, eingleisiger Strecke kollidierten zwei Regionalzüge. Bei der Kollision hatten diese laut dem Zwischenbericht der Eisenbahn-Unfalluntersuchungsstelle des Bundes (2017) eine Geschwindigkeit von 52 km/h und 87 km/h. Bei dem Unfall starben elf Personen, eine weitere zwei Monate später. Des Weiteren gab es 27 Schwerverletzte und 63 Leichtverletzte (Eisenbahn-Unfalluntersuchungsstelle des Bundes, 2017). Bracht (2017) berichtet abweichend von zwölf Toten, 71 Leichtverletzten (SK 3) und 23 Schwerverletzten, davon acht in der SK 2 und 15 in der SK 1.

Alle genannten Ereignisse sind gemäß der Einteilung in Abschnitt 1.1 in die höchste MANV-Stufe einzuteilen. Dennoch bilden sie bezüglich der Dimension keine Grenze nach oben: Eine höhere Auslastung des ICE von Eschede, das Abstürzen mehrerer Flugzeuge in die Zuschauermenge in Ramstein oder höhere Geschwindigkeiten bei der Zugkollision von Bad Aibling – Kolbermoor hätten sicherlich höhere Zahlen an Toten und Verletzten bedeutet. Einige der Ereignisse haben zu Verbesserungen im medizinischen Bereich geführt – so etwa im Falle von Ramstein und Eschede die Einrichtung neuer Schnelleinsatzgruppen (siehe Abschnitt 2.1.4).

Im Falle von Großveranstaltungen ist zu beachten, dass bei diesen in der Regel bereits ein an die Größe der Veranstaltung angepasster Sanitätswachdienst anwesend ist, die Versorgung also schnell anlaufen kann. So waren im Falle des Flugschauunglücks von Ramstein planmäßig sieben Ärzte und 90 weitere Helfer des Roten Kreuzes sowie 14 Ärzte und 82 weitere Helfer des US-Militärs vor Ort (Vemmer, 2003). Ein anderes Beispiel für ein solches Ereignis ist die Loveparade in Duisburg 2010, bei der es zu einer Massenpanik mit 21 Toten und über 400 Verletzten kam. Dort waren planmäßig 30 Sanitätsstationen sowie zwei Behandlungsplätze für je 50 Personen eingerichtet und insgesamt rund 1.600 Helfer eingesetzt (Ackermann et al., 2011). Bei Ereignissen mit vielen Unverletzten helfen üblicherweise auch Ärzte und Rettungspersonal aus der Bevölkerung bei der Bewältigung mit. Für das Flugschauunglück von Ramstein nennt Vemmer (2003) acht Ärzte, 15 Krankenschwestern und weitere Helfer.

---

<sup>12</sup> Die Differenz zwischen der Gesamtzahl und der Addition der Einzelzahlen ist bereits in der Quelle vorhanden und daher für den Autor dieser Arbeit nicht korrigierbar.

<sup>13</sup> Diese Aussage ist zu finden als Antwort auf eine Anfrage nach Akteneinsicht gemäß Informationsfreiheitsgesetz. <https://fragdenstaat.de/anfrage/unfalluntersuchungsbericht-ice-unglueck-in-eschede-03061998/> (Zugriff am 02.03.2023).

# Teil 1: Analyse

Die Analyse dient der systematischen Untersuchung und dem Verständnis der für diese Arbeit wichtigen Akteure, Objekte und Rahmenbedingungen. Die Untersuchung fokussiert auf die organisatorischen Faktoren (Kapitel 2), die Einsatzkräfte als handelnde Akteure und Benutzer der zu entwickelnden Systeme gleichermaßen (Kapitel 3), die räumlichen und zeitlichen Faktoren (Kapitel 4) sowie die Aufgaben der Benutzer (Kapitel 5). Sie wird mit einem Fazit und der Diskussion einer Problemstellung abgeschlossen (Kapitel 6).

## 2 Organisationsanalyse

In diesem Kapitel wird die Organisation der Notfallrettung analysiert. In Abschnitt 2.1 werden die verschiedenen Einsatzorganisationen erläutert und anschließend Notfallereignisse als deren Regel- beziehungsweise Ausnahmefall eingeordnet (siehe Abschnitt 2.2).

### 2.1 Einsatzorganisationen

Unter dem Begriff der „Einsatzorganisationen“ können „Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben“ (BOS) sowie andere Hilfsorganisationen mit gleichen Zielen und vergleichbaren Ressourcen zusammengefasst werden. Als BOS werden laut Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2015b) „staatliche (polizeiliche und nichtpolizeiliche) sowie nicht-staatliche Akteure, die spezifische Aufgaben zur Bewahrung und/oder Wiedererlangung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung wahrnehmen“ verstanden. Der Begriff der BOS ist eng mit dem Funksystem verbunden, sodass aus der BOS-Funkrichtlinie (Bundesministerium des Innern, 2009) abgeleitet werden kann, dass zu den BOS die Polizei, der Zoll, die Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW), die Feuerwehren, die Katastrophenschutzeinheiten, die Rettungsdienste (sofern Träger der Notfallrettung) und die Verfassungsschutzbehörden gehören. In engem, aber nicht direktem Zusammenhang stehen Sonderrechte im Straßenverkehr und die Nutzung von Blaulicht und Einsatzhorn (§§ 35, 38 StVO; §52 Absatz 3 StVZO).

#### 2.1.1 Einsatzorganisationen in der Notfallrettung in Deutschland

Werden lediglich die Behandlung und der Transport von Verletzten betrachtet, dann gibt es im Wesentlichen zwei originär zuständige Einsatzorganisationen<sup>14</sup>, den Rettungsdienst und den Sanitätsdienst des Katastrophenschutzes<sup>15</sup>. Die Gesetzgebung für Rettungsdienst und Katastrophenschutz ist Sache der Bundesländer und dementsprechend nicht einheitlich geregelt (siehe Abschnitt 1.1). Am Beispiel Schleswig-Holsteins ist der Rettungsdienst gemäß entsprechendem Gesetz zuständig für alle Notfallereignisse inklusive dem MANV (als „Großschadensereignis“ in §20 SHRDG). Für die Notfallrettung im Katastrophenfall gilt das Katastrophenschutzgesetz (§1 Abs. 6 Nr. 7 SHRDG). Hierfür wird primär der Sanitätsdienst vorgehalten. Die Aufteilung ist

---

<sup>14</sup> Ausgenommen sind die Erste Hilfe, die Rettung aus dem Gefahrenbereich, die Behandlung Leichtverletzter durch den Betreuungsdienst, sowie Spezialfälle wie die Wasser-, Berg- und Höhenrettung.

<sup>15</sup> Der Sanitätsdienst als Teil des Katastrophenschutzes ist begrifflich und organisatorisch zu unterscheiden vom Sanitätsdienst zur Absicherung von Veranstaltungen (in dieser Arbeit „Sanitätswachdienst“, eingeführt in Abschnitt 1.4.3), vom Sanitätsdienst der Bundeswehr und vom betrieblichen Sanitätsdienst.

allerdings nicht strikt. So sieht die DVO-RDG in Schleswig-Holstein für größere Notfallereignisse zusätzlich zum Rettungsdienst den Einsatz „*benachbarter Träger, anderer Organisationen und Dienste*“ vor. Im Gegenzug bleibt der Rettungsdienst im Katastrophenfall tätig.

Der Rettungsdienst kann durch Kreise oder Kommunen in Eigenregie erfolgen oder an andere Rechtspersonen übertragen werden (§3 SHRDG). So ist beispielsweise die Rettungsdienst-Kooperation in Schleswig-Holstein (RKiSH) ein kommunales Tochterunternehmen mehrerer Landkreise. Weitere Rechtspersonen können Hilfsorganisationen oder Firmen sein, die entweder gemeinnützig oder gewinnorientiert arbeiten. Für den Sanitätsdienst im Katastrophenschutz sind neben dem jeweiligen Bundesland auch die Kreise beziehungsweise kreisfreien Städte verantwortlich. Mit dem Sanitätsdienst werden in der Regel Hilfsorganisationen beauftragt, selten gibt es behördlich aufgestellte „Regieeinheiten“. Bedeutende Hilfsorganisationen sind das Deutsche Rote Kreuz (DRK), die Johanniter-Unfall-Hilfe (JUH), der Malteser Hilfsdienst (MHD), der Arbeiter-Samariter-Bund (ASB) und die Deutsche Lebensrettungsgesellschaft (DLRG), die privatrechtlich in Form von Vereinen organisiert sind<sup>16</sup>. Zu den BOS gehören sie lediglich im Rahmen der Mitwirkung in der Notfallrettung oder im Katastrophenschutz.

Der Rettungs- und der Sanitätsdienst werden im Folgenden beschrieben. Für das Verständnis der nachfolgenden Kapitel ist noch festzustellen, dass in Deutschland in der Notfallrettung und im Katastrophenschutz zusätzlich zu nichtärztlichem Personal auch Notärzte und Ärzte am Einsatzort und damit im Rettungs- und Sanitätsdienst vorgesehen sind. Die Auswirkungen und damit verbundenen Strategien werden in Abschnitt 4.2.3 thematisiert.

## 2.1.2 Rettungsdienst in Deutschland

Der Rettungsdienst in Deutschland, wie in Abschnitt 2.1 eingeführt, ist eine „*öffentliche Aufgabe der Gesundheitsvorsorge und der Abwehr medizinischer Gefahren, die sich in Notfallrettung und Krankentransport gliedert*“ (DIN 13050:2015). Die Notfallrettung umfasst die Behandlung und den Transport von Patienten, welche sich „*infolge Erkrankung, Verletzung oder aus sonstigen Gründen in unmittelbarer oder zu erwartender Lebensgefahr befinde[n], die eine Notfallversorgung und/oder Überwachung und falls erforderlich einen geeigneten Transport zu weiterführenden diagnostischen Einrichtungen oder medizinische Behandlung erfordert*“ (DIN 13050:2015). Der Krankentransport beinhaltet dagegen die Beförderung von Patienten, bei denen dieses Kriterium nicht vorliegt. Der Rettungsdienst ist organisatorisch gemäß den gesetzlichen Regelungen

---

<sup>16</sup> Eine Ausnahme bildet das als Körperschaft öffentlichen Rechts organisierte Bayerische Rote Kreuz als Landesverband des DRK. Das gesamte DRK ist des Weiteren gemäß §1 DRKG die „*Nationale Gesellschaft des Roten Kreuzes*“ sowie „*freiwillige Hilfsgesellschaft der deutschen Behörden im humanitären Bereich*“ und nimmt dementsprechend auch staatliche und völkerrechtliche Aufgaben wahr.

des jeweiligen Bundeslandes ausgerichtet. Ein wesentlicher Planungswert ist die „Hilfsfrist“. Diese ist unterschiedlich definiert, gibt allerdings üblicherweise die Zeit vom Beginn oder vom Ende des Notrufs bis zum Eintreffen des Rettungsdienstes am Einsatzort (gemessen an der Straße) an<sup>17</sup>. Sie beträgt in den meisten Bundesländern<sup>18</sup> zwischen 10 und 15 Minuten und soll in einer bestimmten Anzahl von Fällen (meist 90% oder 95%) erfüllt werden (Forplan Dr. Schmiedel, 2010). Die Festlegung und Anpassung der oft historisch gewachsenen Standorte des Rettungsdienstes und der dort vorgehaltenen Mittel erfolgt so, dass die Hilfsfrist planerisch erfüllt wird (siehe Abbildung 2 am Beispiel des Landkreises Dithmarschen).

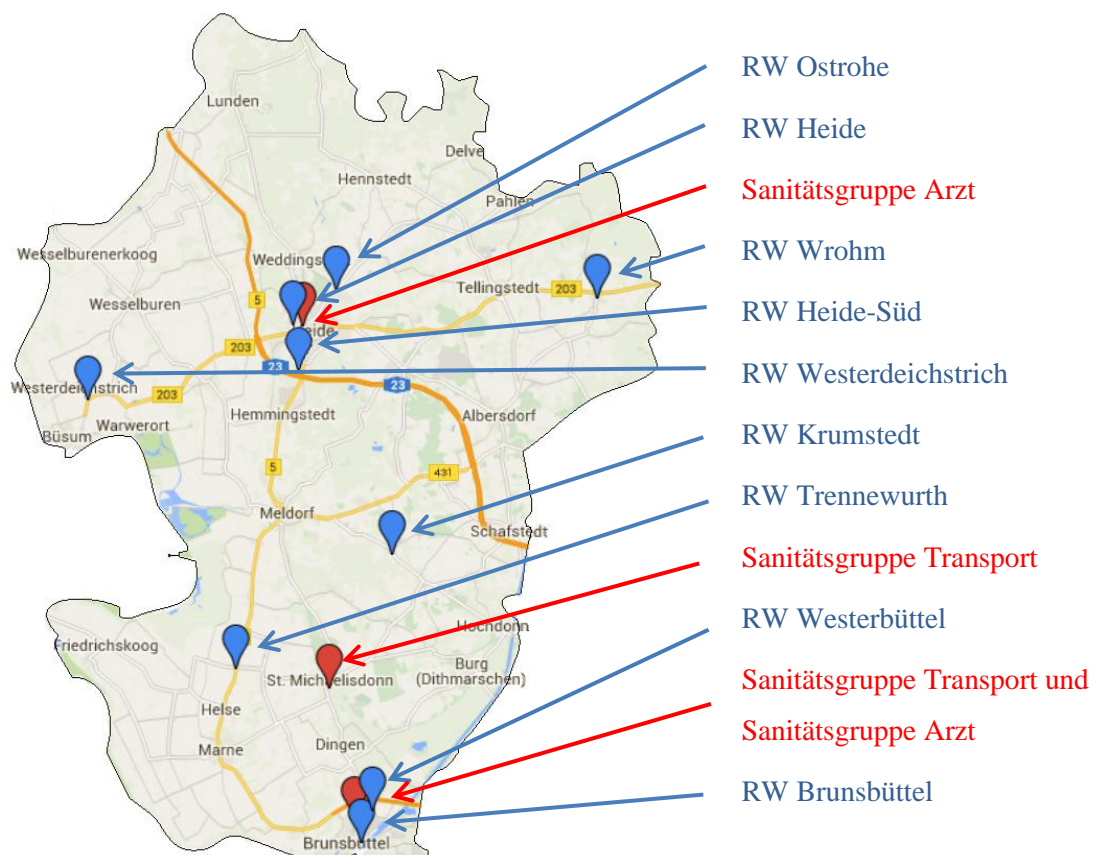


Abbildung 2: Verteilung der Rettungswachen (RW) und Sanitätseinheiten im Landkreis Dithmarschen im Jahre 2020. Zu sehen ist die flächendeckende Verteilung der Rettungswachen. Die Daten zu den Rettungsdienststandorten stammen von Scheffler (2014), die Standorte der Sanitätseinheiten sind dem Autor bekannt. Die Karte ist entnommen aus Google Maps (Kartendaten: GeoBasis-DE/BKG, 2009; Google).

Wie sich aus der Hilfsfrist ableiten lässt, ist der Rettungsdienst materiell und personell für den üblichen, absehbaren Bedarf im Rettungsdienstbereich ausgelegt. Um sie im gesetzlichen Rahmen erfüllen zu können, ist jederzeit die flächendeckende Vorhaltung ausreichend vieler

<sup>17</sup> Eine andere Auslegung gibt es z.B. in Bayern, dort ist die Hilfsfrist gleichgesetzt mit der Fahrtzeit (Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement, 2022).

<sup>18</sup> Ausnahmen sind z.B. Hamburg und Berlin, hier steht die Zielstellung einer „bedarfsgerechten Versorgung“ anstelle der Hilfsfrist.

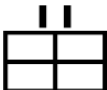

einsatzbereiter Rettungsfahrzeuge notwendig. Zur Einsatzbereitschaft gehört, dass die Einsatzkräfte an den Rettungswachen in Bereitschaft sind. Tatsächlich sind die einzelnen Fahrzeuge daher nur einen Teil der Zeit der Einsatzbereitschaft tatsächlich im Einsatz. So lag die Auslastung der Notarzteeinsatzfahrzeuge eines exemplarischen Schleswig-Holsteiner Rettungsdienstes 2010 zwischen 7 und 18 Uhr bei durchschnittlich 35,68%; bei Betrachtung des gesamten Tages fiel sie noch geringer aus (Scheffler, 2014, S. 66). Ergänzend zu den Fahrzeugen existiert eine Luftrettung. Diese besteht aus Rettungstransporthubschraubern (RTH), die weitläufig stationiert sind (z.B. §19 SHRDG).

Das Personal des Rettungsdienstes ist in der Regel hauptamtlich tätig, es gibt allerdings auch ehrenamtliche Mitarbeiter im Rettungsdienst (Behrendt & Schmiedel, 2003). In jedem Fall muss das eingesetzte Personal gemäß den gesetzlichen Anforderungen des jeweiligen Bundeslandes qualifiziert sein. Eine Analyse der Qualifikationen erfolgt in der Benutzeranalyse (Kapitel 3).

### 2.1.3 Sanitätsdienst in Deutschland

Der Sanitätsdienst als Teil des Katastrophenschutzes ist, wie in Abschnitt 2.1 erläutert, originär zuständig für die Behandlung und den Transport von Verletzten im Katastrophenfall. Seit Abschaffung des Luftschutzhilfsdienst im Jahr 1968 übernimmt er diese Aufgaben auch im Verteidigungs- und Spannungsfall (Zivilschutz), für den der Bund zuständig ist. Er wird für diesen Zweck ergänzend ausgestattet und ausgebildet (Schäfer, 1968). In den letzten Jahren werden der Katastrophenschutz und der Zivilschutz vor allem von Seiten des Bundes vermehrt unter dem Begriff „Bevölkerungsschutz“ zusammengefasst<sup>19</sup>.

Sanitätseinheiten haben eine definierte Größe, Ausstattung und Struktur in Form einer „taktischen Einheit“ (siehe Tabelle 2). Jede Einheit hat eine Führungskraft, bei großen Einheiten gibt es zudem Personal zur Führungsunterstützung. Das Konzept der taktischen Einheiten ist auch in nicht-medizinischen Einsatzorganisationen wie der Feuerwehr (z.B. „Löschzug“) oder dem THW (z.B. „Technischer Zug“) verbreitet, die Strukturen sind grundsätzlich kompatibel.

<b>Taktische Einheit</b>	<b>Führung</b>	<b>Anzahl Einsatzkräfte</b>
Verband 	Verbandsführer + Führungsgruppe	 deutlich über 30

<sup>19</sup> Das manifestiert sich auch im Namen des seit 2004 bestehenden „Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe“ (siehe Abschnitt 1.1) als Nachfolger des „Bundesamts für Zivilschutz“ (bis 2001), bzw. der „Zentralstelle für Zivilschutz“ (2001 bis 2004).





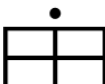

Zug		Zugführer + Zugtrupp		ca. 30
Gruppe		Gruppenführer		ca. 10
Trupp		Truppführer		2-6

Tabelle 2: Einheits- und Führungsstrukturen des Sanitätsdienstes. Bei den taktischen Einheiten wird das entsprechende taktische Zeichen aus der Dienstvorschrift 102 gezeigt. Bei den Führungskräften gibt es keine einheitliche Kennzeichnung, beispielhaft ist die seit 2014 im DRK gültige Kennzeichnung abgebildet.

Die Ausgestaltung variiert je nach Landesgesetzgebung. So sieht Schleswig-Holstein Sanitätsgruppen mit neun Einsatzkräften<sup>20</sup> und drei Fahrzeugen vor, Hessen Sanitätszüge mit 25 Einsatzkräften und sieben Fahrzeugen. Die „Medizinische Task Force“ (MTF) als Bundeseinheit in Verbandsstärke umfasst 138 Helfer und 26 Fahrzeuge (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, 2018). Sie ist seit 2007 im Aufbau und gehört zu den Maßnahmen, die aus der „Neue[n] Strategie zum Schutz der Bevölkerung in Deutschland“ resultieren (siehe Abschnitt 1.1). Das Material der MTF wird üblicherweise auch für die Sanitätseinheiten der Länder eingeplant, so dass beim Einsatz einer MTF nur noch ein Teil der Katastrophenschutz-Einheiten derselben Region zur Verfügung steht. Die Einsatzkräfte der Sanitätseinheiten sind ehrenamtlich tätig. Sie müssen nach Alarmierung zur Unterkunft kommen, um von dort auszurücken zu können – sofern dies privat wie beruflich möglich ist. Hinzu kommt, dass sie nach Gesetzgebung einiger Bundesländer nur im Katastrophenfall von ihrer Arbeit freigestellt werden, so dass bei einem MANV ohne Ausrufung des Katastrophenfalls mangels Personals gegebenenfalls keine kompletten Einheiten gebildet werden können<sup>21</sup>. Soll die Einheit in kompletter Struktur ausrücken, muss von einem Zeitansatz im Stundenbereich ausgegangen werden. Entsprechend haben Sanitätseinheiten schon konzeptionell zu lange Eintreffzeiten für kleine MANV. Eine Abhilfe schaffen Schnelleinsatzgruppen, die im nachfolgenden Abschnitt erklärt werden.

Die Sanitätseinheiten sind materiell ihrem Einsatzzweck entsprechend ausgestattet. Klassisch kann zwischen Einheiten mit der Ausstattung für einen Behandlungsplatz und Einheiten für den Transport mehrerer Verletzter unterschieden werden (in Schleswig-Holstein „Sanitätsgruppe Arzt“ beziehungsweise „Sanitätsgruppe Transport“, siehe Abbildung 2). Die Sanitätseinheiten verfügen über Fahrzeuge für den Transport von Verletzten, Material und eigenem Personal. Diese

<sup>20</sup> Die „Sanitätsgruppe Transport“ umfasst einen Gruppenführer und 8 Helfer, die „Sanitätsgruppe Arzt“ zusätzlich einen Arzt.

<sup>21</sup> Einige Bundesländer wie Schleswig-Holstein seit 2022 (§13 Abs. 10f, LKatSG SH) stellen Helfer des Sanitätsdienstes auch für Einsätze außerhalb des Katastrophenfalls frei („Helfergleichstellung“).

weichen oftmals in Konzeption und Ausstattung von Fahrzeugen des Rettungsdienstes ab, etwa indem sie geländegängig beschafft werden. Zudem verfügen einige Einheiten über Spezialfahrzeuge, wie Gerätewagen. Im Unterschied zum Rettungsdienst sind bei Alarmierung in der Regel keine oder nur wenige Fahrzeuge des Sanitätsdienstes durch andere Einsätze gebunden, so dass theoretisch alle einsatzbereiten Fahrzeuge für den MANV zur Verfügung stehen.

#### 2.1.4 Schnelleinsatzgruppen

Eine Schnelleinsatzgruppe (SEG) ist gemäß DIN 13050:2015 eine „*taktische Einheit mit gesondert ausgebildeten Helfern für spezielle Versorgungsaufgaben*“, etwa die „*sanitätsdienstliche Versorgung*“. Sie wird zu Notfällen alarmiert, wenn die Kapazität des Rettungsdienstes zur Bewältigung eines Einzelereignisses (z.B. MANV) oder des Einsatzaufkommens (z.B. viele Individualnotfälle) nicht ausreicht oder durch zusätzliche Einsatzkräfte ein besseres Ergebnis erreicht werden kann. Im Unterschied zum Katastrophenschutz kommen sie auch bei kleineren Notfallereignissen zum Einsatz, werden aber nahezu ausschließlich lokal eingesetzt (siehe Abschnitt 1.1).

Eine SEG setzt sich klassischerweise aus Personal des Sanitätsdienstes zusammen und nutzt in der Regel die für den Katastrophenschutz vorgesehenen Fahrzeuge und Materialien des Sanitätsdienstes (siehe auch Abschnitt 2.1.1). Eine SEG kann aber auch aus Rettungsdienst-Personal gebildet werden, das im Alarmierungsfall in der Freizeit zum Einsatz kommt; dann werden oft freie Fahrzeuge des Rettungsdienstes verwendet. Der Begriffsteil der „Gruppe“ ist im Unterschied zu den Sanitätseinheiten nicht eng für eine fest definierte, zusammenwirkende taktische Einheit in Gruppenstärke zu sehen, sondern eher im allgemeinen Sprachgebrauch. Es ist allerdings nicht unüblich, taktische SEG-Komponenten zu bilden, beispielsweise für den Transport oder die Behandlung. Diese dienen dann insbesondere einer bedarfsgerechten Alarmierung.

Im Vergleich zu den klassischen Einheiten des Sanitätsdienstes kann eine SEG schnell ausrücken, was der namensprägende Vorteil gegenüber Sanitätseinheiten ist (siehe Abschnitt 4.2.2). Daher sind Fahrzeuge und Personal einer SEG meist auf mehrere Standorte verteilt und pro Fahrzeug steht eine Mehrfachbesetzung bereit. Bei Alarmierung fahren die Fahrzeuge meist direkt zum Notfallort, sobald sie besetzt sind. Falls weite Entfernungen zurückgelegt werden, sammelt sich die SEG meist an einem Ort<sup>22</sup>. Als konzeptuelle Maßnahme sind die Einsatzkräfte zur schnelleren Alarmierung oft mit Funkmeldeempfängern ausgestattet, sodass auf eine zeitaufwändige (und nicht immer erfolgreiche) telefonische Alarmierung verzichtet werden kann.

---

<sup>22</sup> Es ist anzumerken, dass die Anfahrt einzelner Fahrzeuge nicht nur Vorteile hat, da sie die Komplexität an der Einsatzstelle gegenüber einer geführten Einheit erhöht. Daher verlieren die Sanitätseinheiten auch mit dem Konstrukt der SEG keineswegs ihre Daseinsberechtigung.

### 2.1.5 Zusammensetzung der Rettungskräfte beim MANV

Die Alarmierung der Einsatzkräfte bei einem MANV erfolgt entsprechend der angenommenen Größe des MANV. Mit zunehmender Stufe erhöht sich die Anzahl der Rettungskräfte (siehe Abschnitt 1.1). Zusätzlich sind auch Stufenänderungen oder davon unabhängige Nachalarmierungen anhand späterer Erkenntnisse zur Lage möglich.

Ein kleiner MANV (in der Regel Stufe 1) kann meist allein vom Rettungsdienst bewältigt werden, indem eine definierte Anzahl an Fahrzeugen des Rettungsdienstes aus dem Rettungsdienstbereich sowie die Führungskräfte des Rettungsdienstes alarmiert werden. Aufgrund der in Abschnitt 2.1.2 beschriebenen Verteilung kann davon ausgegangen werden, dass ein Teil der vorhandenen Rettungsmittel ständig zur Verfügung steht. Bei größeren MANV reichen die Kräfte des Rettungsdienstes nicht aus, obwohl alle verfügbaren Fahrzeuge aus dem Rettungsdienstbereich (gegebenenfalls bis auf eine Reserve für weitere Einsätze) alarmiert werden. In diesem Fall werden Einsatzmittel des Rettungsdienstes aus anderen („überregionalen“) Rettungsdienstbereichen sowie SEGs aus der Region hinzugezogen (siehe auch Abschnitt 1.1, Versorgungsstufe 2). Bei sehr großen MANV (dreistellige Verletztenzahlen) wird es nötig, zusätzlich Sanitätseinheiten zu alarmieren. Dazu gehören einerseits Kräfte aus der Region, die nicht Teil einer SEG sind, andererseits aber auch überregionale Katastrophenschutzeinheiten, die in geschlossener Einheitsstruktur anrücken (siehe auch Abschnitt 1.1, Versorgungsstufe 3 und Abbildung 3). Dabei ist zu beachten, dass diese Einsatzkräfte für das Ausrücken und die Anfahrt viel Zeit benötigen (siehe Abschnitt 2.1.3). Im Falle des Einsatzes der MTF muss diese aus großer Entfernung (z.B. andere Bundesländer) zugezogen werden, da die regionalen und überregionalen Einheiten bereits in Form der SEG und Sanitätseinheiten des Landes eingesetzt sein sollten.

Als Beispiel kann eine Übung im Kreis Steinburg im Jahr 2017 genannt werden, bei der 325 Verletzte zu versorgen waren, davon 170 am Schadensort (Rettungsdienst-Kooperation in Schleswig-Holstein, 2017). Bei dieser hat der Autor der vorliegenden Arbeit Eindrücke gesammelt. Aus der Region, umgesetzt auf vier Landkreise, waren ca. 430 Einsatzkräfte des regionalen Rettungsdienstbetreibers RKiSH sowie der regionalen SEGs vor Ort (Rettungsdienst-Kooperation in Schleswig-Holstein, 2017). Hinzu kamen Sanitätseinheiten aus sieben weiteren Schleswig-Holsteiner Landkreisen, wie beispielsweise aus Lübeck (Fahrzeit ca. 1 bis 1,5 Stunden). MTF-Komponenten kamen aus dem nördlichen Niedersachsen, genauer aus Uelzen und Stade mit Fahrtzeiten von zum Teil über 2 Stunden (DRK-Kreisverband Stade, 2017).

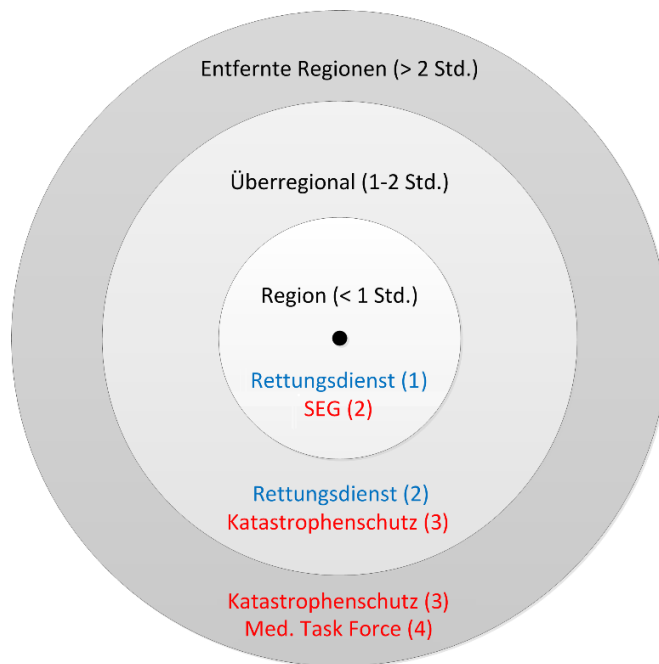


Abbildung 3: Zusammensetzung der Einsatzkräfte beim MANV. Die Zeitangaben geben die ungefähre Eintreffzeit an. Der Rettungsdienst ist in blau dargestellt, der Sanitätsdienst in rot. In Klammern ist angegeben, ab welcher Versorgungsstufe die entsprechende Organisationsform zum Einsatz kommt.

Falls bei einem großen Notfallereignis ausreichend Vorlaufzeit besteht, können anstelle der SEGs direkt Katastrophenschutzeinheiten zum Einsatz kommen. Beispiele sind Naturkatastrophen oder Brände auf einem Schiff (fehlende Zugänglichkeit auf See), bei denen sich einige Stunden vorher abzeichnet, dass mit einer Vielzahl an Verletzten gerechnet werden muss.

## 2.2 Der Regel- und der Ausnahmebetrieb

In diesem Abschnitt erfolgt eine Einordnung des Rettungs- und Sanitätsdienstes in Bezug auf die Charakteristika des Regel- und des Ausnahmebetriebs. Der „Regelbetrieb“ ist der normale, regulär vorgesehene Betrieb, „gekennzeichnet durch das wiederholte routinierte Ausführen von Aufgaben“ (Herczeg, 2014, S. 255). Ist dieser gestört, dann kann je nach Kritikalität gemäß Herczeg (2014, S. 132ff und 255f) vom „Ausnahmebetrieb“ oder „Notbetrieb“ gesprochen werden. Im Kontext dieser Arbeit wird in Bezug auf den MANV ein Begriff für einen gemäß den Planungen funktionierenden Betrieb bei seltenen und von der Routine abweichenden, aber durchaus geplanten Ereignissen, benötigt. Die Charakteristik passt am ehesten zum Begriff des „Ausnahmebetriebs“, der in dieser Form auch von Mentler (2015) verwendet wird.

## 2.2.1 Rettungsdienst: Regel- und Ausnahmebetrieb

Wie in Abschnitt 2.1.2 erläutert, ist der Rettungsdienst materiell und personell vor allem auf den üblichen Bedarf in Form des Individualnotfalls ausgelegt, der damit als Regelbetrieb angesehen werden kann. Damit sind die Einsatzkräfte des Rettungsdienstes auf den Individualnotfall, beziehungsweise die Versorgung von einzelnen oder wenigen Betroffenen und deren individuell bestmögliche Versorgung eingestellt. Entsprechend schreiben Genzwürker und Ellinger (2007, S. 871): „Aus der täglichen Routine sind es Notärzte und Mitarbeiter des [Rettungsdienstes, in der Quelle: RDs] gewöhnt, sich zu dritt oder zu viert um einen Notfallpatienten kümmern zu können.“ Passend zur Auslegung auf den Individualnotfall gibt es im Rettungsdienst üblicherweise keine taktische Einheitsstruktur außer der Fahrzeugbesatzung, bestehend aus zwei bis drei Einsatzkräften. Diese kann als Trupp angesehen werden. Die materielle Ausstattung ist ebenfalls für den Individualnotfall optimiert: So verfügt der Rettungsdienst vor allem über Rettungswagen (RTW) und Krankentransportwagen (KTW) zum Transport einer liegenden Person. Dazu kommen Notarzteinsatzfahrzeuge (NEF) zur Zuführung von Notärzten sowie Rettungstransporthubschrauber (RTH). Für die Führungskräfte des MANV stehen gegebenenfalls Kommandowagen zur Verfügung. Im beispielhaft gewählten Landkreis Dithmarschen (siehe Abbildung 2) mit ca. 135.000 Einwohnern standen dem Rettungsdienst im Jahr 2010 inklusive Ersatzfahrzeugen insgesamt 15 RTWs, ein KTW und drei NEFs zur Verfügung (Scheffler, 2014). Davon waren sieben RTWs und zwei NEFs durchgängig besetzt, vier weitere RTWs und der KTW zwischen 55 und 90 Stunden in der Woche (Scheffler, 2014).

Wenn der Individualnotfall der Regelbetrieb des Rettungsdienstes ist, dann ist der MANV der Ausnahmebetrieb. Große MANV-Ereignisse werden im Rettungsdienst bislang oftmals kaum bis gar nicht behandelt, wie für Schleswig-Holstein in einer Organisationsstudie zum Katastrophenschutzdienst (Schiller, Gerhold, Voss & Dittmer, 2014, S. 142) festgestellt wird:

*„Die Rettungsassistenten (RA) bzw. künftigen Notfallsanitäter seien nicht unbedingt im Katastrophenschutz tätig und haben auch keine entsprechende Weiterbildung. Der größte vermittelte Einsatz in der Ausbildung ist der Massenansturm von Verletzten von 50 Personen. Darüber hinaus gebe es für RAs keine Übungen im Bereich des Katastrophenschutzes. Das bedeutet, dass im Katastrophenfall ein Großteil der Rettungsassistenten zu Hause ist und das Ehrenamt aktiv wird.“*

Prinzipiell könnte der MANV mit mehreren hundert Verletzten oder der MANV im Katastrophenfall also als Notbetrieb für den Rettungsdienst angesehen werden, da er scheinbar außerhalb der Auslegungen liegt. Diese Aussage lässt sich auch gut in die in Abschnitt 1.1 beschriebenen MANV-Stufen einordnen, bei denen „über 40 Verletzte“ die höchste Stufenunterteilung ist. In

anderen Domänen werden Ereignisse noch klarer klassifiziert. So erfolgt etwa in der Kernkraft mit der INES-Skala eine Einteilung in Störfälle, für die Abläufe festgelegt sind, und unterschiedliche Dimensionen von Unfällen (Kriz & Ruatti, 2000). Der wesentliche Nutzen einer solchen Einstufung liegt oft in der Nachbearbeitung im Sinne von Ursachenforschung und Zukunftsplannungen. Im MANV ließe sich das Grundereignis (etwa ein Eisenbahnunfall) klassifizieren, die rettungsdienstliche MANV-Bewältigung dagegen nicht. So skalieren die Abläufe durch ihren Bezug zum einzelnen Verletzten mit Aufstockung des Ressourceneinsatzes und der Menge an Strukturen zumindest theoretisch unbegrenzt.

### 2.2.2 Sanitätsdienst und SEG: Regel- und Ausnahmebetrieb

Der Sanitätsdienst ist im Gegensatz zum Rettungsdienst konzeptionell für den Katastrophenfall vorgesehen und ausgestattet (siehe Abschnitt 2.1.3). Insofern läge es nahe, große MANV-Ereignisse als Regelbetrieb des Sanitätsdienstes anzusehen, für die Organisationsform der SEG auch den MANV kleinerer Dimension (siehe Abschnitt 2.1.4). Da größere MANV-Ereignisse selten sind, ist analog zum Rettungsdienst auch für den Sanitätsdienst fraglich, ob dieser Routine erwerben kann und somit tatsächlich vom Regelfall gesprochen werden kann.

In den Rettungsdienst ist der Sanitätsdienst üblicherweise kaum bis gar nicht eingebunden. Bei ungewöhnlich hoher Auslastung und Nichtverfügbarkeit des Rettungsdienstes können Einsatzkräfte des Sanitätsdienstes oder der SEG allerdings auch zu Individualnotfällen herangezogen werden, insbesondere dann, wenn Fahrzeuge und Personal gemäß Rettungsdienstgesetz vorhanden sind. Dementsprechend ist eine dem Rettungsdienst entsprechende Versorgung zu erwarten.

Abzugrenzen sind verschiedene andere Aufgaben und Tätigkeiten. So kann es je nach Organisation des Rettungsdienstes sein, dass Einsatzkräfte des Sanitätsdienstes ehren- oder hauptamtlich im Rettungsdienst tätig sind. In diesem Fall erwerben sie dort im Regelfall die entsprechende Routine. Abzugrenzen sind ferner Sanitätswachen zur Absicherung von Veranstaltungen oder die Stellung von Helfern zur Überbrückung der Zeit bis zur Ankunft des Rettungsdienstes („First Responder“), da diese, obwohl von vielen Sanitätseinheiten wahrgenommen, keine originären Aufgaben des Sanitätsdienstes im Katastrophenschutz sind.

## 2.3 Führungs- und Leitungsstrukturen

Wegen des Koordinationsaufwands und der hohen Anzahl an Verletzten und an Einsatzkräften sind beim MANV Führungs- und Leitungsstrukturen notwendig. Diese werden mit Beschränkung auf die Einsatzstelle beschrieben, Funktionen mit weitgehend administrativen und planerischen

Aufgaben werden nicht betrachtet<sup>23</sup>. Die Unterscheidung in die Begriffe "Leitung" und "Führung" ist uneinheitlich. So wird in den Sanitätseinheiten vielfach in der Weise unterschieden, dass die "Leitungskräfte" für das Tagesgeschäft ohne Einsätze und die "Führungskräfte" für Einsätze zuständig sind. Im Rettungsdienst hingegen werden "Leitungskräfte" an der Einsatzstelle eingesetzt. Daher werden in dieser Arbeit die Begriffe zusammengefasst betrachtet.

### 2.3.1 Führungsstrukturen am und fern vom Einsatzort

Die Führungsstrukturen im Einsatzfall werden im Wesentlichen durch die Dienstvorschrift 100 geregelt, die vom jeweiligen Bundesland erlassen wird. Daher variiert der Inhalt, teilweise gibt es unterschiedliche Fassungen für Einsatzorganisationen wie die Feuerwehr oder Teile des Katastrophenschutzes. Letztendlich sind sie jedoch ähnlich und basieren auf derselben Grundlage, so dass es in dieser Arbeit ausreicht, auf den Vorschlag einer Dienstvorschrift 100 der Ständigen Konferenz für Katastrophenvorsorge und Katastrophenschutz (1999) Bezug zu nehmen. Die Gesamtleitung des Rettungsdienstes und der Sanitätseinheiten und die Zuweisung zu einzelnen Einsätzen („Disposition“) erfolgt durch eine oder mehrere Leitstellen, die üblicherweise rund um die Uhr besetzt sind. Im Katastrophenfall kann zudem ein Führungsstab einer Gebietskörperschaft tätig werden. Beide Einrichtungen sind ortsfest und können daher keine kleinteiligen Führungsaufgaben am Einsatzort übernehmen.

Am Einsatzort wird eine hierarchische Führungsstruktur etabliert. Der Rettungs- und Sanitätsdienst werden von einer „Einsatzleitung Rettungsdienst“ (ELRD)<sup>24</sup> geleitet, die einer Gesamteinsatzleitung (oft „Technische Einsatzleitung“ / TEL) unterstellt ist. Sie steht in der Hierarchie parallel zu anderen Aufgabenbereichen wie der „Technischen Rettung“, der „Brandbekämpfung“ oder der „Betreuung“<sup>25</sup>. Im seltenen Fall, dass es keine anderen Aufgabenbereiche gibt, kann diese Hierarchieebene entfallen. Ein Beispiel dafür wäre eine Massenerkrankung. In dieser Arbeit wird sie aufgrund fehlender Relevanz nicht weiter betrachtet.

Die ELRD besteht aus einem „Leitenden Notarzt“ (LNA), der „*alle medizinischen Maßnahmen [...] zu leiten hat*“ (DIN 13050:2015), und einem „Organisatorischen Leiter“ (OrgL), der „*alle organisatorischen Maßnahmen [...] zu leiten hat*“ (DIN 13050:2015). Sie werden gemäß DIN 13050:2015 „*von der zuständigen öffentlichen Stelle berufen*“. Im Sinne einer hierarchischen

---

<sup>23</sup> Zu den administrativen und planerischen Funktionen gehören etwa der „Ärztliche Leiter Rettungsdienst“, der „Leiter Rettungsdienst“ oder die Leiter von Rettungswachen (Schmiedel, 1998). Im Sanitätsdienst des Katastrophenschutzes gehören zu den administrativen und planerischen Funktionen auch die Funktionen des Vereinswesens.

<sup>24</sup> Es existieren weitere Begriffe, wie zum Beispiel „Sanitätseinsatzleitung“ oder „medizinische Einsatzleitung“. Dabei wird der zuletzt genannte Begriff zum Teil in Abgrenzung zum OrgL nur für den LNA verwendet, etwa bei Hufschmidt et al. (2017) jedoch auch synonym zur „Einsatzleitung Rettungsdienst“.

<sup>25</sup> Die Betreuung kann aber auch als Unterabschnitt der Einsatzleitung Rettungsdienst eingeordnet sein.

Struktur kann die ELRD untergeordnete Führungskräfte einsetzen. Dabei lassen sich die Führungsfunktionen kategorisieren:

- Kategorie 1: Führungsfunktionen, die an einen Aufgabenbereich oder eine Aufgabe gebunden sind. Dazu zählen in erster Linie der LNA und der OrgL. Bei größeren Einsätzen kann es aufgabenbezogene Führungspositionen geben, beispielsweise einen „Transportkoordinator“ für die Organisation der Transporte.
- Kategorie 2: Führungsfunktionen, die durch die taktische Einheitsstruktur bestimmt sind (z.B. Zugführer, siehe Abschnitt 2.2.2). Auf dieser Basis können Einheiten Aufgabe komplett oder teilweise übernehmen (siehe Abschnitt 5.2).
- Kategorie 3: Führungsfunktionen, die gebunden sind an eine räumliche Struktur (siehe Abschnitt 4.1.3). Sie können je nach Fokussierung eher in Bezug auf die Erledigung von Aufgaben oder die Führung fester Einheiten eingeordnet werden.

Die Führungs- und Leitungskräfte des Rettungsdienstes fallen in der Regel in die Kategorien 1 und 3, die der Sanitätseinheiten in 2 und 3. Die ELRD und untergeordnete Führungskräfte können ihnen zugeordnetes Personal zur Führungsunterstützung haben. Dieses ist dadurch charakterisiert, dass es Aufgaben für die Führungskraft erledigt, wobei die Verantwortung für die Strategie bei der Führungskraft bleibt. In Einheitsstrukturen ist es fest eingeplant (siehe Tabelle 2).

### 2.3.2 Der Führungsablauf

Allgemein ist die Aufgabe der Führungskräfte, den Verlauf des Einsatzes zu steuern. Dazu stellt die Dienstvorschrift 100 einen Führungsvorgang auf, der ein iterativer Prozess mit einer wiederkehrenden Abfolge der Phasen Lagefeststellung (Erkundung und Kontrolle), Planung als Prozess der Beurteilung und des Entschlusses und der Befehlsgebung ist (siehe Abbildung 4).

Der MANV kann gemäß dem Führungsablauf als ein Prozess betrachtet werden, der von Führungskräften durch Befehlsgebung gesteuert wird. Insofern ist ein System zur Unterstützung des OrgL als Prozessführungssystem im Sinne von Herczeg (2014) einzuordnen. Daraus ergeben sich insbesondere Implikationen für die Benutzer, die in Abschnitt 3.4.1 thematisiert werden.

## 2.4 Fahrzeuge

In diesem Abschnitt werden die beim MANV eingesetzten Fahrzeuge zusammenfassend beschrieben. Die Fahrzeuge der Einsatzorganisationen haben Funkrufnamen, die sie eindeutig kennzeichnen und daher mit einer Identifikationsnummer gleichgesetzt werden können. Sie setzen sich zusammen aus der Organisation und Region, dem Standort, dem Fahrzeugtyp und einer laufenden

Nummer. Im Folgenden werden die Fahrzeugtypen den Funkrufnamen, wie in Schleswig-Holstein verwendet, zugeordnet. Ein Beispiel für einen Funkrufnamen wäre „Rotkreuz Musterkreis 10-83-01“ für den Rettungswagen (83) des DRK mit laufender Nummer 1 am Standort 10 in der Region Musterkreis (Landespolizeiamt Schleswig-Holstein, 2015).

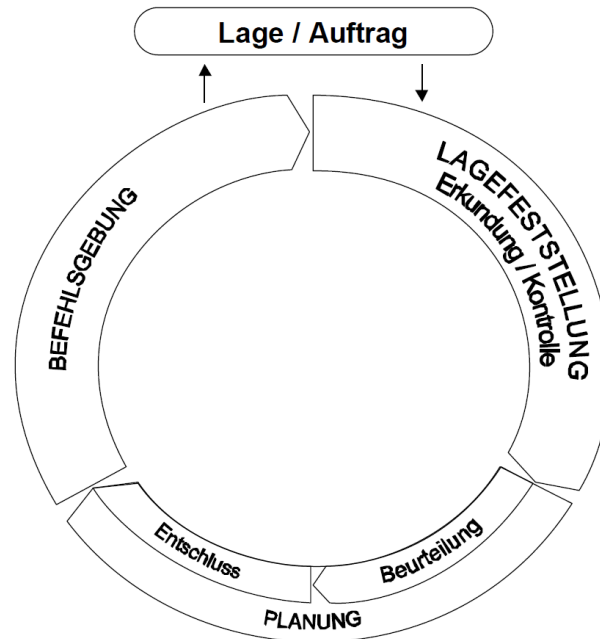


Abbildung 4: Kreisschema als Modell eines Führungsvorgangs gemäß dem Vorschlag einer Dienstvorschrift 100 der Ständigen Konferenz für Katastrophenvorsorge und Katastrophenschutz (1999).

Im Einsatzverlauf des MANV kann zwischen besetzten und nicht besetzten Fahrzeugen unterschieden werden. Bei besetzten Fahrzeugen bleibt die Besatzung im oder beim Fahrzeug und ist diesem fest zugeordnet, so dass das Fahrzeug (inklusive Besatzung) für Aufgaben eingeteilt werden kann. Das betrifft etwa Transportfahrzeuge für Verletzte. Bei anderen Fahrzeugen (z.B. Gerätewagen) übernimmt die Besatzung andere Aufgaben und kann auch aufgeteilt werden. Das Fahrzeug ist in der Zeit nicht einsetzbar, die Besatzung kann zwecks Erreichbarkeit mit Handfunkgeräten ausgestattet werden. Schon die Besatzung der ersten eintreffenden Fahrzeuge muss regelmäßig verschiedenste Aufgaben fern vom Fahrzeug wahrnehmen (siehe Abschnitt 5.2.1). Im späteren Verlauf kann auch die Besatzung und/oder das Material von Transportfahrzeugen benötigt werden, dann sind diese nicht für Transporte einsetzbar (siehe Abschnitt 5.2.3).

#### 2.4.1 Fahrzeuge zum Transport von Patienten

Die meisten Fahrzeuge des Rettungsdienstes und ein Großteil der Fahrzeuge des Sanitätsdienstes dienen originär dem Transport von Patienten. In Tabelle 3 sind diese Fahrzeuge aufgeführt.

<b>Typ</b>	<b>Nr.</b>	<b>Zuordnung</b>	<b>Kapazität und Personal</b>
Rettungswagen (RTW)	83	v.a. Rettungsdienst	1 Trage. Intensivbehandlung möglich. 2-3 Einsatzkräfte.
Krankentransportwagen (KTW)	85	Rettungsdienst oder Sanitätsdienst	1 Trage. Grundlegende bis erweiterte Behandlung. 2-3 Einsatzkräfte.
Notfallkrankenwagen Typ B (NKTW) <sup>26</sup>	90	Sanitätsdienst	2 Tragen. Erweiterte Behandlung möglich. 2-3 Einsatzkräfte.
4-Tragen-Krankentransportwagen (KTW-4)	92	Sanitätsdienst	4 Tragen. Grundlegende Behandlung möglich. 2-4 Einsatzkräfte.
Großraum-RTW/KTW (GRTW/GKTW)	86	Rettungsdienst oder Sanitätsdienst	Mind. 2 Tragen. Intensivbehandlung möglich. Mehr als 2 Einsatzkräfte.

Tabelle 3: Fahrzeuge zum Transport von Patienten. Aufgelistet sind die wichtigsten Fahrzeugtypen ohne Anspruch auf Vollständigkeit. Bei der Kapazität sind Sitzplätze nicht berücksichtigt.

Es ist zu berücksichtigen, dass die Fahrzeuge gegebenenfalls zusätzlich oder anstelle von liegenden Verletzten weitere Verletzte sitzend transportieren können, wobei die Anzahl variieren kann. Der Transport sitzender Verletzter ist jedoch auch mit anderen Fahrzeugen möglich. Festzustellen ist zudem, dass die Kapazität nicht immer ausgenutzt wird. So ist ein typischer 4-Tragen-KTW nicht größer als ein RTW und wenn alle Tragen (zwei nebeneinander und die anderen beiden jeweils darüber) belegt werden, ist kaum noch eine Behandlung der Verletzten im Fahrzeug möglich. Dementsprechend variiert der tatsächliche Einsatz auch anhand der Größe des MANV, wie ein Zitat eines OrgL untermauert: „4-Tragen-Wagen mit vier liegenden Patienten zu belegen, [...] diese Schublade von Einsätzen möchte ich ehrlich gesagt eigentlich nicht aufmachen“ (OrgL1). Eine Vereinfachung der Fahrzeuge als Transportfahrzeuge oder beispielsweise eine Zusammenfassung der KTWs für ein Computersystem ist nach Ansicht von OrgL4 nicht möglich, denn es sei „relevant ob [es sich um einen] KTW gemäß Regelrettungsdienst oder 4-Tragen-KTW [handele]“. Ebenso sind im MANV auch improvisierte Lösungen denkbar, wie „aus einem KTW Typ B auch einen vollwertigen Rettungswagen [zu] machen [...] für den Fall der wahrscheinlich alle fünf Jahre oder alle zehn Jahre mal auftritt“, indem medizinisches Equipment aus einem Notarzteinsetzungsfahrzeug verwendet werde (OrgL1).

<sup>26</sup> Der Begriff „Notfallkrankenwagen“ für die Abkürzung NKTW ohne Mittelteil „transport“ ist korrekt gemäß dem Typenblatt des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2010b).

## 2.4.2 Fahrzeuge für andere Aufgaben

Als Fahrzeuge für andere Aufgaben werden in dieser Arbeit alle Fahrzeuge angesehen, die nicht dem Transport der Verletzten dienen, etwa Fahrzeuge zum Transport von Material oder Führungsfahrzeuge. Diese sind in Tabelle 4 aufgelistet.

Typ	Nr.	Zuordnung	Einsatzzweck
Notarzteinsetzfahrzeug (NEF)	82	Rettungsdienst	Transport des Notarztes mit Material. 2 Einsatzkräfte, davon 1 Notarzt.
Gerätewagen Sanität (GW San)	95	Sanitätsdienst	Zuführung von Personal und Material. Bis zu 6 Einsatzkräfte.
Mannschaftstransportwagen (MTW)	18	Rettungsdienst oder Sanitätsdienst	Transport von Personal, ggf. auch Betroffenen. Bis zu 8 Einsatzkräfte.
Kommandowagen (KdoW)	10	v.a. Rettungsdienst	Kleine Führungsaufgaben oder Fahrzeug des OrgL. 1 bis 2 Einsatzkräfte.
Einsatzleitwagen (ELW)	11 / 12	v.a. Sanitätsdienst	Führungsaufgaben oder Führungsunterstützung. In der Regel 2-5 Einsatzkräfte.

Tabelle 4: Fahrzeuge für andere Aufgaben als den Transport von Verletzten.

MTWs dienen allgemein dem Transport von Personal, können aber auch zum Transport von Leichtverletzten verwendet werden und somit zu Transportfahrzeugen werden. Eine weitere Gruppe an Fahrzeugen stellen der KdoW und der ELW dar, die sowohl als Transportfahrzeug der Führungskräfte gedacht sind, als auch umfangreiche Kommunikationsausrüstung und – im Fall des ELWs – Arbeitsplätze für die Führung und Personal zur Führungsunterstützung bereitstellen (siehe Abschnitt 2.3.1). Ein ELW ist beispielhaft in Abbildung 5 zu sehen.

Als Spezialfahrzeuge sind besonders die Gerätewagen interessant, die mit Zelten und Zubehör wie Zeltheizungen, Stromerzeugern, Krankentragen und Behandlungsmaterial ausgestattet sind. Dass diese für die Planung wichtig sind, bestätigte OrgL1: *„Gerätewagen Sanitätsdienst halte ich für eine hochinteressante und hochspannende Komponente, über die ich mich auch in der Frühphase sehr freue, die eine ganze Menge an Material mitbringt.“* So sei der Aufbau größerer Versorgungsstrukturen nur mittels des Materials der Gerätewagen sinnvoll möglich. OrgL2 bestätigte in Bezug auf Gerätewagen, dass *„es durchaus Unterschiede machen kann, wenn ich einfach weiß, welche Komponenten kommen“* und führte sogar noch den in der obigen Tabelle noch

nicht betrachteten Betreuungsdienst (vergleiche Fußnoten 5 und 14) an: „*Wie lange brauchen denn irgendwelche Betreuungseinheiten? Muss ich mir dafür vielleicht erstmal zusätzliche Rettungswagen heranziehen, um ich sag mal, eher leicht verletzte Patienten zu betreuen, die einfach – gewissermaßen – zu betreuen oder einzufangen [sind]. Gerade die Leichtverletzten sind ja manchmal die, die am meisten Arbeit machen, weil sie einfach noch sehr aktiv, sehr agil sind, sich bewegen und noch keinen wirklichen Bezugspartner haben*“ (OrgL2).



Abbildung 5: ELW des THW mit Führungskräften bei einer Übung. Zu sehen ist eine Karte des Einsatzgebiets, im Innenraum waren weitere Hilfsmittel für die Führung auf einem Tisch ausgelegt.

Ein Problem in Bezug auf die Fahrzeuge ist die Verschiedenheit innerhalb der einzelnen Fahrzeugtypen. Da Fahrzeuge des Katastrophenschutzes oftmals eine Nutzungszeit von über 30 Jahren haben, sind die Fahrzeuge in Einsätzen recht heterogen (siehe Abbildung 6).



Abbildung 6: Fahrzeuge des Rettungs- und (vor allem) des Sanitätsdienstes bei einer Übung 2017. Zu sehen sind als Fahrzeugtypen unter anderem MTW (1), ArztTrKW (2), RTW (3), KdoW (4), KTW-4 (5) und NKTW (6).

Insbesondere verfügen beispielsweise manche Einheiten (Stand 2022) statt einem GW San noch über das Vorgängerfahrzeug, den Arzttruppkraftwagen (ArztTrKW) mit anderer Ausstattung. Erkennbar ist der Unterschied vor Eintreffen nur durch Kommunikation oder wenn die Ausstattung der entsprechenden Einheit bekannt ist, was vor allem für lokale Einheiten zutreffen dürfte. Dass das zum Problem werden kann, zeigt sich, da zum Beispiel OrgL1 im oben genannten Zitat zwar den GW San schätzte, den ArztTrKW in Bezug auf den Einsatznutzen aber als veraltet ansah.

Am Beispiel der in Abbildung 2 veranschaulichten Katastrophenschutzeinheiten in Dithmarschen gibt es zwei Sanitätsgruppen Arzt, eine mit einem GW San, eine mit einem ArztTrKW. Beide haben je einen KTW-4 und einen NKTW. Des Weiteren gibt es zwei Sanitätsgruppen Transport, die planmäßig mit drei NKTW oder KTW-4 ausgestattet sind.

### 2.4.3 Einordnung anhand realer MANV-Ereignisse

Zur Verdeutlichung der Organisationsanalyse erfolgt eine Einordnung realer MANV-Ereignisse (siehe Abschnitt 1.4.3). Beim Eisenbahnunfall von Eschede waren unter anderem im Einsatz:

- Der Rettungsdienst mit 91 Einsatzkräften und 22 Fahrzeugen (3 NEFs, 11 RTWs, 9 KTWs) und 13 Hubschraubern (Hüls, 1999).
- Der Sanitätsdienst mit insgesamt 423 Einsatzkräften und 102 Fahrzeugen, die sich in 16 RTWs, 26 KTWs, 8 KTW-4, 28 MTWs und 24 andere Fahrzeuge unterteilen lassen. Die Sanitätskräfte waren formiert in zehn SEGs aus Nachbarkreisen und zwei Katastrophenschutzzügeln des betroffenen Landkreises, der zu dem Zeitpunkt noch keine SEG gebildet hatte (Ohlhoff, 1999).

Zur Vollständigkeit sei erwähnt, dass weitere Akteure im medizinischen Bereich tätig waren, etwa die Bundeswehr. Für mehr Details sei auf Hüls und Oestern (1999) verwiesen.

Im Beispiel der Zugkollision von Bad Aibling – Kolbermoor waren laut Kleiber (2016), der selbst in der ELRD aktiv war, im Einsatz:

- 144 Fahrzeuge des Rettungs- und Sanitätsdienstes aus Stadt- und Landkreis Rosenheim,
- 34 Fahrzeuge aus anderen Bereichen (Österreich und München) und
- 17 Hubschrauber.

Die Fahrzeugzahlen beinhalten den Wasser- und Bergrettungsdienst, die aufgrund der schwer zugänglichen Lage benötigt wurden. So wurden leicht verletzte Patienten teilweise mit Rettungsbooten über einen Fluss gebracht (Ametsbichler, 2016). Ein Großteil der Fahrzeuge war Teil mehrerer SEGs Behandlung und damit in einer Einsatzstruktur gebunden (Kleiber, 2016).

# 3 Benutzeranalyse

In diesem Kapitel werden die Einsatzkräfte des Rettungs- und Sanitätsdienstes betrachtet. Im Sinne der Gestaltung eines Gesamtsystems für den MANV (siehe Abschnitt 1.4) sind sie als Benutzer des Systems zu verstehen. Die Analyse ist zudem wichtig für die Konzeption eines Unterstützungssystems für Führungskräfte und insbesondere von Automaten, da beides ein gutes Verständnis der Einsatzkräfte und ihrer Aufgaben (siehe Kapitel 5) erfordert.

Für diese Arbeit liegt es nahe, passend zu den in der Organisationsanalyse erläuterten Führungsstrukturen (siehe Abschnitt 2.3) in Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion und Führungskräfte einzuteilen. Diese Unterscheidung ist jedoch nicht ausreichend, um alle für diese Arbeit wichtigen Eigenschaften der Benutzer zu erfassen. Daher werden als weitere Klassifikationsmerkmale vorab die Qualifikation der Einsatzkräfte (siehe Abschnitt 3.1) und der Erfahrungsstand (siehe Abschnitt 3.2) herausgearbeitet.

## 3.1 Qualifikation der Einsatzkräfte

Einsatzkräfte lassen sich fachlich einteilen in nichtärztliches und ärztliches Personal (siehe Abschnitt 2.1.1). Nachfolgend wird zuerst das nichtärztliche Personal (siehe Abschnitt 3.1.1) und anschließend das ärztliche Personal betrachtet (siehe Abschnitt 3.1.2). Darauf aufbauend werden die Ausbildungen für Führungskräfte erläutert (siehe Abschnitt 3.1.3).

### 3.1.1 Qualifikation des nichtärztlichen Personals

Das gesamte nichtärztliche Personal hat den Weisungen und Befehlen der Führungs- und Leitungskräfte (siehe Abschnitt 2.3.1) sowie in medizinischen Belangen den Weisungen des ärztlichen Personals (siehe Abschnitt 3.1.2) Folge zu leisten und diese umzusetzen.

In Tabelle 5 sind die Ausbildungen und Qualifikationen des nichtärztlichen Personals im Sanitäts- und Rettungsdienst aufgezählt, von denen einige Berufsausbildungen sind. Sie sind die Grundlage für die Mitwirkung im Sanitäts- und Rettungsdienst und damit auch die Bedingung für Führungskräfteausbildungen (siehe Abschnitt 3.1.3). Bei Ausbildungen, bei denen keine bundeseinheitliche Regelung besteht, ist die Ausbildungsdauer als Beispiel zu verstehen.

<b>Bezeichnung</b>	<b>Regelung der Ausbildung</b>	<b>Ausbildungsdauer (Beispiel)</b>
<b>Sanitätshelfer (SanH)</b>	Hilfsorganisation	Erste-Hilfe-Kurs + mindestens 48 Unterrichtseinheiten <sup>27</sup>
<b>Rettungshelfer (RH)</b>	Bundesland oder Hilfsorganisation	240 Std. Theorie + 80 Std. Rettungswachenpraktikum <sup>28</sup>
<b>Rettungssanitäter (RS)</b>	Bundesland	520 Unterrichtseinheiten zu je 45 bzw. 60 Minuten (RettSan-APrVO SH)
<b>Rettungsassistent (RA) bis 2014<sup>29</sup></b>	Bund (RettAssG, aufgehoben 2014)	2 Jahre Vollzeit (RettAssG)
<b>Notfallsanitäter (NotSan)</b>	Bund (NotSanG, NotSan-APrV)	3 Jahre Vollzeit (NotSan-APrV)

Tabelle 5: Ausbildungen des nichtärztlichen Personals in Rettungs- und Sanitätsdienst.

Da die Gesetzgebung für den Rettungsdienst Ländersache ist (siehe Abschnitt 2.1.2), variiert die benötigte Ausbildung. Einheitlich festgelegt ist lediglich, dass der RTW mit mindestens einem Notfallsanitäter (NotSan) und der KTW mit mindestens einem Rettungssanitäter (RS) besetzt werden müssen. Die zweite Person im RTW muss üblicherweise RS sein. Für den KTW reicht die Forderung von einer „geeigneten Person“ (Art. 43 BayRDG) bis zum RS (§15 SHRDG). In einigen Bundesländern wird Einsatzerfahrung gefordert (§15 SHRDG). Beim Individualnotfall leitet generell die höherqualifizierte Person die Behandlung, während des Transports bleibt sie beim Patienten. Sie kann damit als Führungskraft für das Fahrzeug angesehen werden. Die zweite Person assistiert und fährt das Fahrzeug (Art. 43, BayRDG). Beim MANV besteht ein Missverhältnis zwischen Einsatzkräften und Verletzten und zumindest anfangs werden alle verfügbaren Einsatzkräfte für organisatorische Aufgaben benötigt (siehe Abschnitt 4.2.2). Dementsprechend kann sich die unterschiedliche Mindestanforderung der Länder, insbesondere in Qualifikation und Erfahrungsstand, bemerkbar machen. In Bezug auf den Sanitätsdienst des Katastrophenschutzes sowie die SEG (siehe Abschnitte 2.1.3 und 2.1.4) variiert der Mindeststand der Ausbildung stärker. Während in Schleswig-Holstein im Katastrophenschutz lediglich der SanH als medizinische Ausbildung vorgesehen ist, sieht beispielsweise Hessen für verschiedene Positionen RS vor (Hessisches Ministerium des Innern und für Sport, 2012).

<sup>27</sup> Angabe des DRK-Kreisverbandes Marburg-Gießen e.V. auf <https://drk-mittelhessen.de/ausbildung-ehrenamt/ausbildungen-im-sanitaetsdienst/ausbildung-zumzur-sanitaetsshelferin-48-ue.html> (Zugriff am 01.03.2023).

<sup>28</sup> Angabe der DRK-Rettungsschule Niedersachsen auf <https://www.rettungsschule.de/kurse/unsere-kurse/unsere-kurse/ausbildung/rettungshelfer.html/> (Zugriff am 01.03.2023).

<sup>29</sup> Der Beruf des RA wird – obwohl er nicht mehr ausgebildet wird – aus mehreren Gründen aufgeführt. Hauptgrund ist, dass damit ältere Quellen verständlich werden (z.B. in Abschnitt 3.2.2). Des Weiteren haben sich nicht alle RA zum NotSan fortgebildet, insbesondere in den Sanitätseinheiten.

Mit Blick auf die Praxis lässt sich feststellen, dass das eingesetzte Personal sowohl im Rettungsdienst als auch im Sanitätsdienst und einer SEG oftmals eine höhere Qualifikation als die Mindestforderung hat. So sind dem Autor aus Interviews mit Einsatzkräften beispielsweise Sanitätseinheiten bekannt, in denen mehrere RA oder NotSan tätig sind. Oftmals können diese bei Bedarf einen RTW gemäß Rettungsdienstgesetz besetzen, wie auch reale MANV-Ereignisse zeigen (siehe Abschnitt 2.4.3). Wenn das der Fall ist, werden organisatorisch keine Unterschiede zum rettungsdienstlichen Personal gemacht, wie OrgL4 im Interview bestätigte.

### 3.1.2 Qualifikation des ärztlichen Personals

In der Organisationsform des Rettungsdienstes in Deutschland (Abschnitt 2.1.2) ist der Einsatz von Notärzten sowohl beim Individualnotfall als auch beim MANV vorgesehen. Notärzte weisen eine universitäre Ausbildung als Arzt auf, die mit einem Staatsexamen abgeschlossen wurde. Hinzu kommt eine mehrjährige Weiterbildung zur Erlangung der "Zusatzbezeichnung Notfallmedizin" oder der "Fachkunde Rettungsdienst". Die genaue gesetzliche Regelung obliegt den Bundesländern, die Ausgestaltung der Zusatzqualifikationen den Ärztekammern.

Im Rahmen des Sanitätsdienstes und damit der SEG können auch Ärzte, die nicht als Notärzte qualifiziert sind, an Einsatzstellen mitwirken. So ist organisatorisch in einigen Einheiten ein Arzt vorgesehen, etwa in Schleswig-Holstein in der "Sanitätsgruppe Arzt". Zudem können sich in den Sanitätseinheiten auch Ärzte befinden. Im Beispiel des Eisenbahnunfalls von Eschede waren 16 Ärzte unter den 423 Einsatzkräften des Sanitätsdienstes (Ohlhoff, 1999, S. 95).

Grundsätzlich haben Ärzte im Gegensatz zum nichtärztlichen Personal eine "Therapiefreiheit" in medizinischen Belangen, die etwa von Tomassone und Wöffen (2005) erklärt und diskutiert wird. In medizinisch-organisatorischen Fragen müssen sie im MANV allerdings den Anweisungen des LNA folgen (Fiebach, 1999).

### 3.1.3 Qualifikation der Führungskräfte

Die Leitungs- und Führungskräfte sowohl im Rettungsdienst als auch im Sanitätsdienst haben eine ergänzende Ausbildung. Die in Abschnitt 2.2.1 eingeführten Führungskräfte des Rettungsdienstes, der OrgL und LNA, müssen „über eine entsprechende Qualifikation verfü[en]“ (DIN 13050:2015), die in einem Lehrgang erworben werden kann. Der Verfasser hat für diese Arbeit an Abschnitten eines solchen Lehrgangs teilgenommen. Dieser dauerte eine Woche und enthielt sowohl theoretische Unterrichtseinheiten als auch Simulationsaufgaben für verschiedene MANV-Szenarien. Als Mindestvoraussetzung für angehende OrgL war die Ausbildung zum RS gefordert, die meisten Teilnehmer waren jedoch NotSan. Bei Besuchen und Interviews mit mehreren OrgL

ließ sich feststellen, dass diese oftmals weitere Lehrgänge absolviert und nicht selten ein Studium im Bereich der Notfallmedizin absolviert oder ein solches zum Ziel hatten.

Führungskräfteausbildungen des Sanitätsdienstes sind in der Regel auf die Größe der zu führenden Einheit abgestimmt. Die Ausbildungen folgen einem Stufenmodell, bauen also aufeinander auf. Absolviert werden sie wegen des ehrenamtlichen Charakters der Sanitätseinheiten oft in der Freizeit am Wochenende. Die Ausgestaltung variiert, weshalb sich der Verfasser auf die Beschreibung einer ihm bekannten Ausbildung zum Gruppenführer (siehe Abschnitt 2.1.3) beschränkt. Diese dauert acht Tage an vier Wochenenden. Sie umfasst neben theoretischem Unterricht diverse Fallbeispiele sowie eine Abschlussübung. Während einige Fallbeispiele simuliert werden, bestehen andere und die Abschlussübung aus praktischen Aufgaben, bei denen andere Lehrgangsteilnehmer die Rolle der zu führenden Einsatzkräfte übernehmen.

Bei Betrachtung der in Abschnitt 2.3.1 aufgeführten Arten von Führungspositionen können Parallelen zwischen Rettungs- und Sanitätsdienst identifiziert werden, sodass eine ähnliche Ausbildung möglich wäre. Brüne und Konings (2016) erläutern basierend auf der Annahme, dass die OrgL teilweise unzureichend aus- und fortgebildet seien, für Nordrhein-Westfalen ein an Feuerwehr und Katastrophenschutz orientiertes Modell mit Ausbildungen zum Gruppenführer, Zugführer und Verbandführer Rettungsdienst mit je 70 Unterrichtseinheiten. Analog zum Katastrophenschutz könnte dem Gruppenführer Rettungsdienst die Führung von 10-12 Einsatzkräften beziehungsweise die Leitung einer Patientenablage mit maximal 10 bis 15 Verletzten oder eines Zeltens des Behandlungsplatzes übertragen werden (siehe Abschnitt 4.1.3). Der Zugführer könnte bis zu 40 Einsatzkräfte führen und damit als Unterabschnittsleiter tätig werden, etwa für mehrere PA. Einem Verbandführer würde die Leitung großer Unterabschnitte übertragen. Damit stellt das Modell eine Zusammenführung der verschiedenen Arten von Führungspositionen auf Grundlage der Führungsstrukturen von Einheiten dar. Die bereits genannte Qualifikation zum OrgL bleibt dabei eine zusätzliche Ausbildung von 40 Unterrichtseinheiten (Brüne & Konings, 2016) oder bildet die Ausbildung zum Zugführer (DRK Landesschule Nordrhein, 2016). Der Autor konnte 2020 bezüglich einem der Rettungsdienste in Schleswig-Holstein erfahren, dass dort mittlerweile eine Ausbildung zu Gruppen- und Zugführern stattfindet.

## 3.2 Erfahrungsstand und Benutzungshäufigkeit

In diesem Abschnitt werden der Erfahrungsstand und die erwartete Benutzungshäufigkeit eines Computersystems für den Notfalleinsatz analysiert. Als Ansatzpunkt wird genutzt, dass der Rettungsdienst in der Regel meist im Hauptamt, der Sanitätsdienst hingegen im Ehrenamt betrieben wird (siehe Abschnitt 2.1).

### 3.2.1 Individualnotfall

Das nichtärztliche Personal des Rettungsdienstes ist den größten Teil seiner Arbeitszeit im Einsatzdienst damit beschäftigt, auf der Rettungswache auf Einsätze zu warten und bei Alarmierung zum Einsatzort zu fahren, dort Verletzte zu behandeln und sie gegebenenfalls ins Krankenhaus zu transportieren. Der Individualnotfall ist dabei der Regelbetrieb des Rettungsdienstes (siehe Abschnitt 2.2.1). Es kann daher davon ausgegangen werden, dass das Personal des Rettungsdienstes tagtäglich mit einzelnen oder wenigen Verletzten zu tun hat und dementsprechend Routine bilden kann. Das gilt jedoch nicht für alle Einsatzszenarien, weil einige eher selten sind. Dazu gehört nicht nur der MANV, sondern auch beispielsweise Verkehrsunfälle mit Gefahrgut.

In Abschnitt 2.1.2 wird die klassische Trennung in Krankentransporte und Notfälle thematisiert. In einigen – oft städtischen – Regionen existiert diese Trennung recht strikt in Bezug auf Personal und Fahrzeuge, da KTWs in Beschaffung und Personalbedarf günstiger zu unterhalten sind. In anderen Regionen, gerade im ländlichen Bereich, werden RTWs im Sinne eines Mehrzweckfahrzeugs<sup>30</sup> auch für Krankentransporte genutzt, um eine Parallelvorhaltung zu vermeiden. Das kann insbesondere vorteilhaft sein, wenn Rettungswachen für die Hilfsfrist notwendig, jedoch nicht ausgelastet sind (siehe Abschnitt 2.1.2). Die Variante ist für den Erfahrungsstand entscheidend, da das Personal von KTWs oftmals geringer qualifiziert ist (siehe Abschnitt 3.1.1) und im Sinne des Fahrzeugzwecks wenig Routine im Umgang mit kritisch verletzten Patienten erwerben kann.

Das Personal des Sanitätsdienstes ist konzeptionell kaum auf den Individualnotfall ausgerichtet. Abseits vom Katastrophenschutz übernehmen die meisten Einheiten des Sanitätsdienstes die Besetzung von Sanitätswachdiensten bei Veranstaltungen. Diese können auch große Dimensionen einnehmen, wie Abschnitt 1.4.3 zeigt. Hier treten wiederum Individualnotfälle auf, wodurch das Personal des Sanitätsdienstes Erfahrung sammeln kann. In der Regel erfolgt im Rahmen des Sanitätswachdienstes jedoch nur eine Erstbehandlung bis zum Eintreffen des Rettungsdienstes.

### 3.2.2 Massenanfall von Verletzten

Bezogen auf den MANV muss differenziert werden. So treten erst bei größerer Dimension alle charakteristischen Probleme wie die längere Knappheit von Ressourcen auf (siehe Abschnitt 1.1), wodurch alle für den MANV wesentlichen Aufgaben und Maßnahmen notwendig werden. Beim MANV kleiner Dimension wird regelmäßig ähnlich zum Individualnotfall behandelt. Eine Grenze lässt sich nicht genau festlegen, diese variiert je nach Rettungsdienstbereich und

---

<sup>30</sup> Vergleiche z.B. <https://www.rd-kreisploen.de/rettungswachen/fahrzeuge/> (Zugriff am 28.06.2021).

Tageszeit. So können beispielsweise in Städten typischerweise erheblich mehr Rettungsmittel in kurzer Zeit am Einsatzort sein als in ländlichen Gebieten.

Ein Beispiel für Maßnahmen, die erst bei größeren MANV notwendig werden, ist die Sichtung als Einschätzung der Verletzten. Daher kann diese auch herangezogen werden, um den Erfahrungsstand zu betrachten. In Bezug darauf hat Ellebrecht (2013) in einer Studie festgestellt, dass 55% der beteiligten RA und Notärzte an einem realen Einsatz mit Sichtung teilgenommen hatten. Mit steigender Berufserfahrung nahm die Zahl zu, aber selbst bei den Rettungskräften mit über 20 Jahren Berufserfahrung lag sie lediglich bei 70%. Dieselbe Studie kommt zu dem Ergebnis, dass die Sichtung bei vielen RA in der Ausbildung zu wenig thematisiert wurde, bei etwa jedem zehnten sogar gar nicht, und dass fast ein Drittel der RA bislang an keiner Übung mit Sichtung teilgenommen habe. Die Studie passt zu den Einschätzungen in den Interviews in dieser Arbeit, etwa: *„Reale Sichtungen kommen ja äußerst selten vor“* (OrgL1).

Auch Beck et al. (2002) stellen fest, dass MANV selten sind. Sie haben die Einsätze eines süddeutschen Rettungsdienstbereichs über einen Zeitraum von fünf Jahren untersucht. Dort kamen auf über 725.000 Einsatzaufträge<sup>31</sup> genau 75 Großeinsätze, wobei der Großeinsatz in dem Fall so definiert wurde, dass er vorlag, wenn der LNA zum Einsatz kam. Da darunter auch Fälle wie der Absturz eines Sportflugzeuges mit zwei Verletzten fielen, ist die Anzahl der MANVs noch geringer gewesen. Auf die einzelnen Einsatzkräfte lässt sich diese Zahl allerdings nicht beziehen, da zum MANV im Gegensatz zum Individualnotfall viele Rettungsmittel alarmiert werden. Andererseits ist auch nicht jede Rettungskraft bei jedem MANV, nicht nur wegen der begrenzten Arbeitszeit, sondern auch, da aufgrund tatsächlicher oder möglicher Paralleleinsätze nicht jedes aktive Rettungsmittel zu jedem MANV alarmiert werden kann (siehe Abschnitt 2.1.5).

Insgesamt betrachtet zeigt sich deutlich, dass das Personal des Rettungsdienstes für den Ausnahmefall, gerade bei Betrachtung größerer MANV, relativ wenig Routine und Erfahrung bilden kann. Dagegen wurde für den Sanitätsdienst in Abschnitt 2.2.2 konstatiert, dass der MANV und die Katastrophe am ehesten als deren Regelfall angesehen werden können, da er auf diese ausgerichtet ist. Tatsächlich bestätigten sich diese Annahmen auch in den Interviews mit den OrgL, von denen einige ohne explizite Frage diesen Unterschied thematisierten. So meinte OrgL3: *„Also der Unterschied zwischen Theorie und Praxis ist das hauptamtliche Personal [...]. Da die die Strukturen ja nicht so kennen wie der Helfer [des Katastrophenschutzes] und im Regelrettungsdienst [...] ich zu 99 % einen Patienten hab [...]. Und jetzt komme ich in 1% der Fälle in eine Struktur, [...] die eher selten ist, also ich kenn sie manchmal gar nicht, hab mich auch gar nicht richtig auseinandergesetzt und soll dann in einer Struktur arbeiten, die mir völlig unbekannt ist.“*

---

<sup>31</sup> Beck et al. (2002) schreiben im Wortlaut: *„pro Jahr im Mittel >145.000 Einsatzaufträge“*

Konkret nannte OrgL3 als Beispiele die Fahrzeugaufstellung sowie fehlende Rückmeldungen und meinte in Bezug auf die Sanitätseinheiten: *„Die werden drauf getrimmt, Rückmeldung oder Fahrzeugaufstellung, wo man sich meldet, wenn die eintreffen. [...] Also feste Strukturen, nur Hauptamt ist schwierig, tatsächlich.“* Ähnlich äußerte sich auch OrgL5 in Bezug auf die Formulare: *„Die wenigsten haben die Ausbildung - also es ist ja nicht so, dass der OrgLeiter das selber schreibt - wenn man sich so die einzelnen RTW-Teams anguckt. Die wenigsten wissen wirklich, was sie zu tun haben, wie welches Formular geführt wird. Da ist uns das Ehrenamt deutlich voraus, weil die das mehr trainieren.“*

Mit Blick auf das Care&Prepare-Prinzip aus Vorarbeiten am IMIS (siehe Abschnitt 1.4.1) scheint die Berücksichtigung in Bezug auf das „Prepare“ also vor allem mit Blick auf den Rettungsdienst notwendig zu sein, während für den Sanitätsdienst keine direkte Übertragung möglich ist. Eventuell kann der Sanitätswachdienst bei Veranstaltungen hier als Regelfall gewählt werden, eine diesbezügliche Diskussion erfolgt in Abschnitt 5.2.

### 3.3 Geschlecht und Alter der Einsatzkräfte

Bei den nichtärztlichen Einsatzkräften variiert das Einstiegsalter nach der Länge der Berufsausbildung (siehe Abschnitt 3.1.1). Für die Ausbildung zum NotSan ist ein mittlerer Schulabschluss oder eine Berufsausbildung nach einem Hauptschulabschluss notwendig (§8 Abs. 2 NotSanG). Gemäß Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2022) waren mit Stichtag 30. Juni 2021 insgesamt 80.247 Menschen (inklusive 8.841 Auszubildenden) sozialversicherungspflichtig im Rettungsdienst beschäftigt, 70% davon männlich. Bezüglich des Alters ergab sich folgendes Bild:

- 26,5% waren im Alter von unter 25 Jahren,
- 64,5% im Alter zwischen 25 und 54 Jahren,
- 8,5% im Alter von 55 bis 65 Jahren und
- 0,37% älter.

Rettungskräfte mit einem Alter von über 55 Jahren sind damit unterdurchschnittlich häufig vertreten. Eine Begründung kann – analog zu anderen Gesundheitsberufen – die physische, teils auch psychische Belastung sein (Zegelman, 2015). Die OrgL des Rettungsdienstes sind in der Regel zwischen 25 und 60 Jahre alt, wie sich aus Interviews und eigenen Erfahrungen des Autors ableiten lässt. Das Einstiegsalter lässt sich damit begründen, dass Erfahrung im Rettungsdienst eine Voraussetzung für den OrgL-Lehrgang ist. Das Höchstalter mag damit zusammenhängen, dass auch OrgL von Zeit zu Zeit im Einsatzdienst aktiv sein müssen. Die Einsatzfähigkeit ist jedoch oft zeitlich begrenzt, da viele OrgL primär Verwaltungstätigkeiten im Büro wahrnehmen und einen KdoW nutzen. So kann gewährleistet werden, dass sie für den eventuellen Einsatzfall als OrgL

verfügbar sind und zudem kein Einsatzfahrzeug ausfällt. In Bezug auf das Geschlecht konnte der Autor dieser Arbeit in Interviews erfahren, dass Frauen in der Rolle des OrgL sehr selten sind; vermutlich viel seltener als im Rettungsdienst ohnehin bereits.

Bei den Ärztinnen und Ärzten im Allgemeinen ist der Berufseinstieg aufgrund des Studiums selten unter 25 Jahren möglich, wie die Statistik der Bundesagentur für Arbeit zeigt. Notärzte benötigen zudem zusätzliche Ausbildungen (siehe Abschnitt 3.1.2).

Zu den Sanitätseinheiten lässt sich aufgrund des ehrenamtlichen Charakters und fehlender Statistiken keine allgemeingültige Aussage treffen. Der Autor dieser Arbeit kennt sehr unterschiedlich aufgestellte Einheiten, was sich mit Aussagen in den Interviews mit OrgL deckt. Das Einstiegsalter für die Einsatzfähigkeit liegt bei 18 Jahren, der Sanitätslehrgang kann meist schon vorab absolviert werden. Eine Höchstgrenze gibt es in den meisten Einheiten nicht.

## 3.4 Mentale Modelle und Situation Awareness

Ein MANV-System zur Führungsunterstützung lässt sich als Prozessführungssystem klassifizieren (siehe Abschnitt 2.3.2). Automation in einem solchen unterstützt oder ersetzt den Menschen in Aufgaben, die bislang von diesem allein durchgeführt wurden (siehe Kapitel 1). Daher ist es wichtig, die menschlichen Aspekte der Systembenutzung genauer zu betrachten. Hierzu eignen sich als wissenschaftliche Konstrukte die „mentalen Modelle“ (siehe Abschnitt 3.4.1) und die „Situation Awareness“ (siehe Abschnitt 3.4.2).

### 3.4.1 Mentale Modelle

Zu den Aufgaben im Rahmen der Führung gehört es, die Lage festzustellen und laufend Änderungen zu erfassen (siehe Abschnitt 2.3). Wissenschaftlich betrachtet bilden Führungskräfte ein mentales Modell des MANV. Mentale Modelle sind laut Rouse und Morris (1986) *„the mechanisms whereby humans are able to generate descriptions of system purpose and form, explanations of system functioning and observed system states, and predictions of future system states“*. Organisiert sind sie in Form von Schemata (Jones und Endsley, 2000). Gemäß Forrester (1971) beinhalten mentale Modelle *„only selected concepts and relationships [...] to represent the real system“* und sind damit in aller Regel unvollständig und gegebenenfalls auch fehlerhaft. Sie geben insbesondere einen Prozess prinzipiell nie in voller Umfänglichkeit korrekt wieder. Das mentale Modell einer Führungskraft im MANV besteht anfangs aus Vorwissen und Erfahrung und wird im Verlauf des Einsatzes weiterentwickelt und erweitert, wobei Informationen verloren gehen und deformiert werden können (Herczeg, 2014, S. 104-105).

Die ersten Einsatzinformationen erhalten Einsatzkräfte bei der Alarmierung oder auf der Anfahrt von der Leitstelle. Diese Erstauskunft besteht aus groben Informationen, die sich aus dem Notruf (in der Regel von Laien) und der Einschätzung der Leitstelle ergeben. Entsprechend wird das erste mentale Modell diverse Unklarheiten und eventuell Fehler enthalten. Vor Ort wird es durch weitere Informationen verfestigt, präzisiert oder korrigiert. Eine laufende Veränderung ist erforderlich, da sich auch die Lage ändert. Diese Änderung entsteht einerseits durch Dynamik im Prozess (zum Beispiel ändert sich der Zustand der Verletzten) und andererseits durch Auswirkungen von Maßnahmen, die von Einsatzkräften durchgeführt werden (siehe Abschnitt 2.3.2). Bei einem Prozessführungssystem muss laut Herczeg (2014, S. 185) „jederzeit [sichergestellt sein], dass die Operateure ein aktuelles und möglichst korrektes mentales Modell vom dynamischen Systemzustand haben“<sup>32</sup>. Beim MANV, wo der Prozess neben dem System auch real erfasst wird, muss die Aussage offensichtlich für die Kombination aus der Wahrnehmung der Realität sowie der Darstellung des Systems gelten.

Die Analysen und Aussagen in Abschnitt 3.2 legen nahe, dass beim Personal des Sanitätsdienstes das mentale Modell für einen MANV und dessen Bewältigung initial durch Ausbildung, Übung und Beschäftigung mit der MANV-Thematik zumeist ausgeprägter sein wird als beim Personal des Rettungsdienstes. Bei der Erfahrung mit Notfällen im Allgemeinen ist es umgekehrt, da der Rettungsdienst die alltägliche Notfallversorgung übernimmt. Die Führungskräfte des Rettungsdienstes, insbesondere der OrgL und LNA, sind speziell für den MANV qualifiziert (siehe Abschnitt 3.1.3) und speziell für die Einsatzleitung im MANV eingeplant (siehe Abschnitt 2.3.1). Daher kann bei ihnen davon ausgegangen werden, dass das mentale Modell in Bezug auf den MANV stark ausgeprägt ist, wobei insbesondere die Vorplanung in Bezug auf Konzepte, Hierarchien und Strukturen gemeint ist.

### 3.4.2 Situation Awareness

In Verbindung mit mentalen Modellen ist die Einführung des Begriffs der „Situation Awareness“ (SA), als deutsche Übersetzung kann „Situationsbewusstsein“ angesehen werden, sinnvoll. Die SA wurde vor allem von Endsley im Bereich der Luftfahrt untersucht und erläutert. Jones und Endsley haben 2000 das in Abbildung 7 dargestellte Modell veröffentlicht, welches das mentale Modell mit einem Prozess zur Erlangung von SA verknüpft, wobei diese aus den drei Ebenen (Leveln) Wahrnehmung („*Perception*“), Verständnis („*Comprehension*“) und Projektion („*Projection*“) besteht. Die Wahrnehmung im Rahmen der SA basiert auf der Aufnahme externer Zeichen und führt zum mentalen Modell, das auf Basis der Wahrnehmung bestätigt oder verändert

---

<sup>32</sup> Es sei angemerkt, dass in dieser Arbeit außerhalb der Zitate der Begriff des „Benutzers“ anstelle des „Operateurs“ verwendet wird.

werden kann. Das mentale Modell trägt im Rahmen der Erlangung einer SA wiederum zum Verständnis der Situation und zur Projektion auf die Zukunft bei.

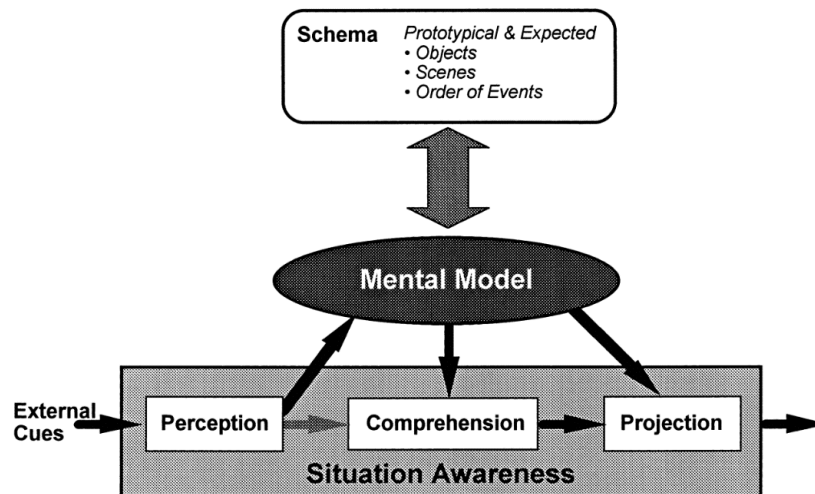


Abbildung 7: Situation Awareness (Jones & Endsley, 2000).

Jones und Endsley (2000, S. 368) gehen auch auf die Übertragung von Erfahrung aus ähnlichen Situationen ein und werten diese als hilfreich: „*People with well-developed mental models for a particular class of situations use patternmatching techniques to create a mental model that will help with comprehending the meaning of the presented information.*“ Allgemein gilt, dass eine schlechte SA die Entscheidungsfindung verschlechtert. Das schließt zwar keine guten Entscheidungen aus, macht sie aber deutlich unwahrscheinlicher (Jones & Endsley, 2000).

Computersysteme für den MANV können helfen, SA zu verbessern. Der naheliegende Ansatzpunkt ist die Unterstützung der Wahrnehmung durch eine Darstellung der externen Zeichen, die besser ist als die bisherige (papierbasierte) Form. Gründe dafür können etwa in der Darstellungsform (z.B. Diagramme), der Aktualität und Vollständigkeit, einfachen Plausibilitätsprüfungen aber auch der Lesbarkeit liegen. Diese Zielsetzung, die eng mit dem Begriff der Gebrauchstauglichkeit korrespondiert, verfolgen viele aktuelle Systeme (siehe Abschnitt 1.2, Kapitel 7), sie wird auch bei der Konzeption des im Rahmen dieser Arbeit entwickelten MANV-Systems (siehe Kapitel 8) sowie speziell der Automation thematisiert (siehe Abschnitt 9.2) und später in der Evaluation diskutiert (siehe Abschnitt 11.2.5). Während sich die genannte Unterstützung vor allem auf die konkrete Situation und die Wahrnehmung bezieht, kann darüber hinaus der Aufbau von SA in Bezug auf die Ebenen des Verständnisses und der Projektion bei Benutzern gefördert werden, deren mentales Modell in Bezug auf die Schemata initial wenig ausgeprägt ist. Falls lediglich ein sehr unvollständiges mentales Modell vorliegt (in irgendeiner Ausprägung wird es immer ein mentales Modell geben), dürfte bereits das Anzeigen von Zusammenhängen und Erklärungen

dieses ergänzen können. Dieser Aspekt wird in Abschnitt 9.2.1 an einem konkreten Beispiel diskutiert.

Automation in Prozessführungssystemen kann bei Betrachtung der SA offensichtlich wesentlich stärkere Auswirkungen haben. Bei vom Computer übernommenen Aufgaben stellt sich die Frage, ob und in welcher Form der Benutzer informiert wird, womit die Wahrnehmung direkt beeinflusst wird. Bekommt der Benutzer nicht mehr alles mit, so kann dies naheliegenderweise das Verständnis und die Projektion negativ beeinflussen. Gegenteilig ist aber auch denkbar, dass der Benutzer entlastet wird und sich auf ein Ziel oder eine Aufgabe fokussieren kann. Daher ist eine genauere Betrachtung der Zusammenhänge (siehe Abschnitt 5.3.5) sowie eine sorgsame Konzeption bei der Integration von Automaten in ein System notwendig (siehe Kapitel 9).

### 3.4.3 Team Situation Awareness und Shared Situation Awareness

Zwei Sonderformen der SA sind die „Team Situation Awareness“ und die „Shared Situation Awareness“. Während Endsley (1995, S. 39) die Team SA definiert als *“the degree to which every team member possesses the SA required for his or her responsibilities”*, ist die Shared SA als eine weitere Stufe zu sehen. So beschreiben Endsley und Jones (2001, S. 3) diese als *“the degree to which team members possess the same SA on shared SA requirements”*.

Da das Führungssystem im MANV hierarchisch aufgebaut ist und Führungskräfte jeweils eine Zuständigkeit für eine Einheit oder eine Funktion im Sinne einer eher statischen Arbeitsteilung haben (siehe Abschnitt 2.3.1), liegt es nahe, dass im MANV derzeit eine Team SA angestrebt wird. Dementsprechend erhält jede Führungskraft von der höheren Ebene die Befehle, die für sie gelten und gibt an untergeordnete Führungskräfte ebenfalls nur die nötigen Befehle weiter. Es ist aber davon auszugehen, dass die definierten Führungsebenen aus verschiedenen Gründen nicht immer identisch implementiert oder eingehalten werden. Zu untersuchen wäre, ob eine Shared SA im Sinne einer dynamischen und situativen Arbeitsteilung im MANV angebracht und hilfreich wäre. Eventuell kann diese im Führungsteam OrgL und LNA in der ELRD gesehen werden, wobei auch hier unterschiedliche Aufgabenbereiche vorliegen (siehe Abschnitt 2.2.1). Zur Untersuchung der Sinnhaftigkeit und Ausgestaltung einer Shared SA wäre eine weit über diese Arbeit hinausgehende Analyse erforderlich, sodass diese zurückgestellt wird. Allgemein kann jedoch daher angenommen werden, dass ein System für den MANV zumindest für OrgL und LNA bei der Herstellung der Team SA helfen sollte.

# 4 Kontextanalyse

In diesem Kapitel werden die räumliche (siehe Abschnitt 4.1) und zeitliche Organisation (siehe Abschnitt 4.2) beim Individualnotfall und MANV betrachtet. Zudem erfolgt eine Einordnung in körperliche Kontexte (siehe Abschnitt 4.3).

## 4.1 Räumlicher Kontext

Bezüglich des räumlichen Kontexts wird zuerst beschrieben, an welchen Orten ein Notfallereignis oder ein MANV stattfinden kann (siehe Abschnitt 4.1.1). Anschließend wird erläutert, wie der Raum organisatorisch geplant und eingerichtet wird (siehe Abschnitte 4.1.2 und 4.1.3).

### 4.1.1 Räumliche Ausgangslage

Notfalleinsätze und damit auch der MANV können zu allen Tageszeiten und bei allen Wetterlagen und Temperaturen passieren. Aus den Beschreibungen des MANV, etwa in Abschnitt 1.1, ist ersichtlich, dass das Risikopotential für einen MANV je nach Ort unterschiedlich hoch sein kann und dass viele MANV-Szenarien sich örtlich oder zeitlich eingrenzen lassen. Ein Beispiel ist ein Eisenbahnunfall, der sich auf Bahnstrecken und die Betriebszeit der Bahn beschränkt. Zwei der in Abschnitt 1.4.3 beschriebenen realen MANV-Ereignisse waren solche Bahnunfälle. Im Falle von Eschede wurde eine Straßenbrücke zerstört. Der Unfallort war also über Straßen erreichbar mit „gute[r] Verkehrsanbindung“ und wies durch die Lage am Ort Eschede eine für den MANV nutzbare Infrastruktur auf (Hüls, 1999, S. 8). Im Falle des Eisenbahnunfalls in Bad Aibling war die Einsatzstelle dagegen schwer erreichbar. Da nur ein Feldweg zur Einsatzstelle führte, mussten zum Teil Einsatzkräfte und Verletzte mit Booten über einen Kanal gebracht werden (siehe Abschnitt 2.4.3). Auch Faktoren wie Menschenmengen oder rechtliche Gründe können die Anfahrt erschweren, wie das Beispiel des Flugschauunglücks von Ramstein auf einem US-Militärflugplatz mit über 300.000 Anwesenden zeigt (siehe Abschnitt 1.4.3). Eine örtliche Eingrenzung ist nicht für alle Szenarien möglich; ein MANV mit einem notlandenden oder abstürzenden Flugzeug kann auch abseits größerer Wege in Wäldern passieren.

### 4.1.2 Räumliche Strukturen beim Individualnotfall

Beim Individualnotfall findet die erste Behandlung von Verletzten am Notfallort oder in der Nähe davon statt, anschließend wird eine weitere Behandlung im Fahrzeug vorgenommen. In Bezug auf den Rettungsdienst sind dementsprechend keine besonderen räumlichen Strukturen

notwendig. Die Einsatzkräfte müssen entscheiden, ob eine Erstversorgung direkt vor Ort möglich ist oder ob der Ort ungeeignet ist. Das ist unter anderem regelmäßig der Fall, wenn dort Gefahren drohen, die zuerst eine Rettung aus dem Bereich erforderlich machen.

#### 4.1.3 Räumliche Strukturen beim MANV

Im Unterschied zum Individualnotfall erfordert der MANV eine komplexere räumliche Organisation. Eine Möglichkeit besteht in der Einteilung des Einsatzortes in Einsatzabschnitte (EA)<sup>33</sup>, die jeweils von eigenen Abschnittsleitern geleitet werden können (vergleiche Abschnitt 5.2.2). Diese Einteilung muss nicht zwangsläufig vorgenommen werden, kann aber Vorteile bieten. Sie kann einsatztaktisch die Komplexität reduzieren, da die Gesamtkomplexität des MANV auf weniger komplexe Einsatzabschnitte aufgeteilt wird (Prinzip des „Teilen und Herrschens“)<sup>34</sup>. Andererseits (und im Optimalfall gleichzeitig) kann sie eine vorliegende räumliche Unterteilung abbilden. So wurden beispielsweise beim Eisenbahnunfall in Eschede (siehe Abschnitt 1.4.3) die beiden Seiten der Bahnstrecke wegen Unpassierbarkeit der Strecke als EA „Ost“ und „West“ geführt (Hüls, 1999, S. 10; Lange, 1999).

Bei größeren MANV werden spezielle räumliche Strukturen eingerichtet. Diese kann es jeweils auch mehrfach geben, wobei sie eindeutig benannt werden (etwa durch Nummerierung):

- Das Schadensgebiet (SG) ist der Bereich, in dem die Verletzten erstmalig aufgefunden werden. Hier können die ersten Maßnahmen erfolgen. Falls relevante Gefahren vorhanden sind im Sinne eines „Gefahrengebiets“ (z.B. Gefahrgut, Feuer, Explosionsgefahr, Instabilität), müssen die Verletzten von der Feuerwehr oder anderen Einsatzkräften aus dem Gebiet gebracht werden. In dem Zusammenhang ist insbesondere die Betrachtung der Lage als statisch oder dynamisch relevant (siehe Abschnitt 1.1).
- Die Patientenablage (PA, auch Verletztenablage) sollte in der Nähe des Notfallortes, aber außerhalb des SG liegen. An dieser werden die Verletzten gesammelt, erstversorgt und registriert. Die PA besteht in der Regel aus auf dem Boden liegenden Tragen und Sanitätsmaterial, welches zentral zwischen den Tragen angeordnet ist. Der Aufbauaufwand ist gering (siehe Abbildung 8). Eine PA kann sich von selbst bilden, indem sich Verletzte an einem Ort sammeln, sie ist dann „unstrukturiert“. Bei geplanten PA werden die Verletzten aus dem Gefahrenbereich dorthin gebracht. Eine initial oder nachträglich geplante

---

<sup>33</sup> In dieser Arbeit sind mit dem Begriff „Einsatzabschnitt“ geographische Aufteilungen gemeint (z.B. „Einsatzabschnitt West“ 4.1.3). Weitere Verwendungen des Begriffs kommen in der Realität etwa in Bezug auf Aufgabenbereiche (Lamers, 2016), Aufgaben (z.B. „EA Transportorganisation“) oder Strukturen (z.B. „EA Patientenablage“) vor. Diese lassen sich aber vermeiden und werden daher in dieser Arbeit nicht verwendet.

<sup>34</sup> Paradoxerweise wird gleichzeitig die Komplexität in der Führungsstruktur erhöht. Dieser Faktor ist bei ausreichend hoher Gesamtkomplexität des Einsatzes jedoch deutlich weniger relevant.

PA wird als „strukturiert“ bezeichnet. Die Kapazität dieser variiert je nach Rettungsdienstbereich. Teilweise wird sie auch von der MANV-Stufe abhängig gemacht. So gibt es etwa im Kreis Minden-Lübbecke (2016) Varianten für 11 bis 24 Verletzte.



Abbildung 8: Patientenablage bei einer Großübung in Büchen (Feuerwehrmagazin, 2012).

- Der Behandlungsplatz (BHP, auch Verbandplatz) ist für einen längeren Aufenthalt und eine verbesserte Behandlung der Verletzten vorgesehen. Dafür werden Verletzte aus den PA oder dem SG zum BHP gebracht oder eine PA zum BHP aufgewertet. Ein BHP besteht aus Zelten, die bei Bedarf beleuchtet oder mittels eines Notstromaggregats und einer Zeltheizung beheizt werden können. In vielen Konzepten ist ein ELW für die Führung vorgesehen (siehe Abbildung 5). Zumindest bei den Schwerverletzten liegen die Tragen nicht auf dem Boden, sondern sind aufgebockt. Typische Kapazitäten sind 25 oder 50 Verletzte pro Stunde („BHP 25 / 50“). Personal und Material stellen üblicherweise die SEG bzw. der Sanitätsdienst. Die Einrichtung eines BHPs erfordert personelle Ressourcen für den Aufbau und Betrieb sowie ausreichend Platz und dauert einige Zeit. Daher wird auf einen BHP verzichtet, sofern es die Lage zulässt und ein ausreichend schneller Abtransport der Verletzten gewährleistet werden kann.

Ein BHP verfügt in der Regel über einen Eingangsbereich, die eigentlichen Behandlungszelte und einen Ausgangsbereich (siehe Abbildung 9). Der Eingangsbereich kann mit einem Zelt oder Pavillon ausgestattet sein; an ihm soll eine Eingangssichtung erfolgen. Die Behandlungszelte sind meistens entsprechend den Sichtungskategorien aufgeteilt. So ist in Zelten für Schwerverletzte (SK 1) eine umfangreiche Behandlung möglich, während

nur wenige Verletzte Platz finden – im Zelt für Leichtverletzte (SK 3) ist das umgekehrt. Der Ausgangsbereich dient dazu, die Verletzten an Fahrzeuge oder einen Rettungsmittelhalteplatz zu übergeben und diesen Schritt zu dokumentieren.



Abbildung 9: Ein BHP 25 bei einer Vorstellung für die Öffentlichkeit. Hier mit kombinierten Zelten für die SK 1 und 2. Die Zelte verfügten über eine Zeltheizung, die in der Bildmitte zu sehen ist. Hinter dem Fotografen standen ein Pavillon für die Eingangssichtung sowie ein dem BHP zugeordneter ELW. Hinter den Zelten standen ein zweites Zelt für die SK 1 und 2 sowie ein Pavillon für die Ausgangssichtung.

- Der Bereitstellungsraum (BSR) wird auf einem ausreichend großen Platz eingerichtet, auf dem die alarmierten Einheiten und Fahrzeuge ankommen, um auf den Einsatz am Notfallort zu warten. Damit soll erreicht werden, dass nur benötigte und beauftragte Fahrzeuge an der Einsatzstelle sind und ein Blockieren der Einsatzstelle durch zu viele Fahrzeuge verhindert wird. Der BSR hat in der Regel eine eigene Führung, welche die vorhandenen Ressourcen verwaltet und mit der Einsatzleitung kommuniziert.
- Der Rettungsmittelhalteplatz (RMHP, auch Krankenkraftwagenhalteplatz) ist ein Ort in der Nähe der Behandlungseinrichtungen (PA oder BHP), den die Rettungsmittel nach Auftrag vom BSR aus oder direkt anfahren, um Verletzte für den Transport in ein Krankenhaus abzuholen. Analog zum RMHP kann auch ein Hubschrauberlandeplatz eingerichtet werden. In einigen Konzepten wird der RMHP als BSR für Transportfahrzeuge definiert, dann findet die Patientenübergabe in „Ladezonen“ an PA oder BHP statt (Bayerisches Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr, 2016).
- Für die ELRD steht anfangs kein spezieller Raum zur Verfügung. Nach Ankunft kann sie üblicherweise auf einen ELW zurückgreifen (siehe Abschnitt 2.4.2). Im ELW arbeitet dann zumeist Personal zur Führungsunterstützung an ihm zugewiesenen Aufgaben (siehe Abschnitt 2.3.1). Die ELRD kann den ELW nutzen oder weiterhin mobil bleiben.

Auf die Beschreibung weiterer sanitätsdienstlicher Strukturen, vor allem des Katastrophenschutzes, wird verzichtet, da diese keine Relevanz für diese Arbeit haben. Die Abbildung 10 veranschaulicht die genannten räumlichen Strukturen an einem Beispiel.

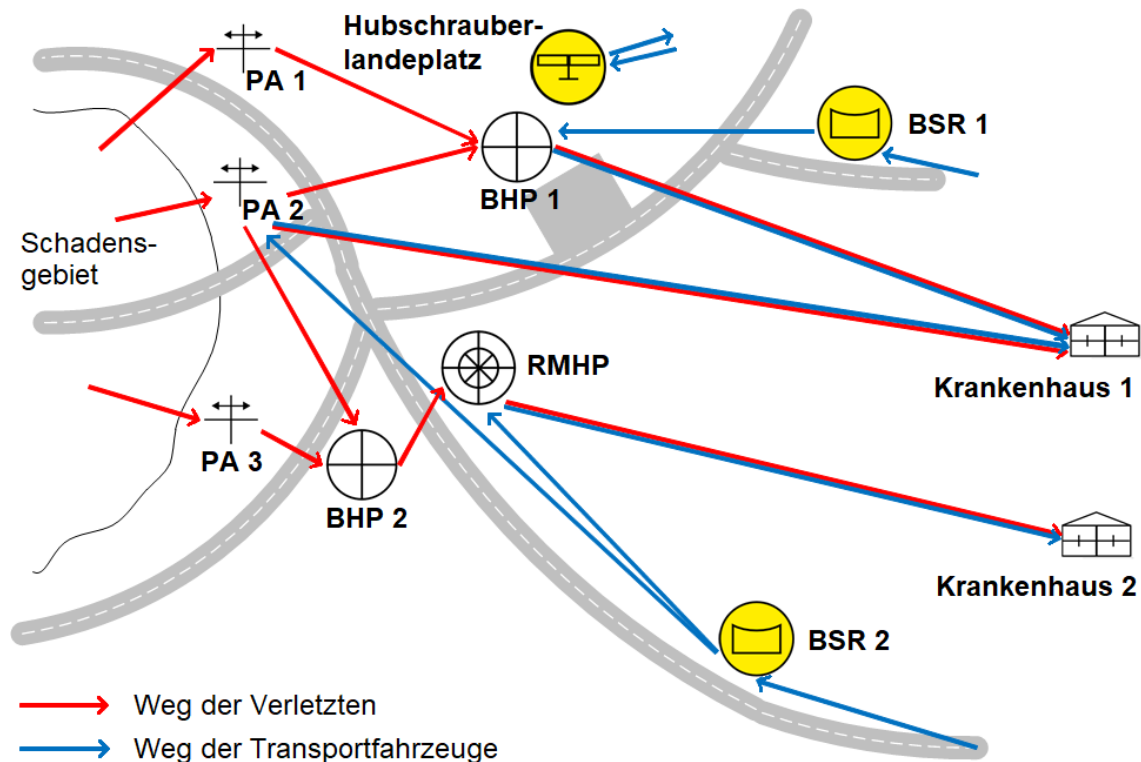


Abbildung 10: Räumliche Strukturen beim MANV an einem Beispiel. Zur Reduzierung der Komplexität sind die Wege der Rettungsmittel, die für den Betrieb der räumlichen Strukturen eingesetzt werden und bei diesen verbleiben, sowie die Führungsstrukturen nicht enthalten. BHP 2 enthält im Gegensatz zu BHP 1 einen festgelegten, räumlich leicht dislozierten, RMHP. Ladezonen sind nicht eingezeichnet. Hubschrauber können nur an BHP 1 landen. Im Beispiel wird vereinfacht angenommen, dass Fahrzeuge vom BSR immer dem nächsten BHP/RMHP zugewiesen werden und dass es an PA 2 (und lediglich dort) Patienten mit TP (siehe Abschnitt 1.1) gibt.

Die Strukturen lassen sich auch anhand der beispielhaften Einsätze aus Abschnitt 1.4.3 nachvollziehen. Beim Flugschauunglück von Ramstein gab es für die sanitätsdienstliche Versorgung zum Unfallzeitpunkt laut Bericht eines dafür eingesetzten Untersuchungsausschusses im Bundestag (1989) vier „Sanitätsstationen“, an denen die Verletzten versorgt wurden – diese dürften materiell dem Konzept des BHPs entsprochen haben. Zudem wurde eine „Verletzten-Sammelstelle“ eingerichtet. Die Anzahl der Behandlungen war später nicht mehr feststellbar. Einige Verletzte wurden laut Bericht trotz der Strukturen ohne Erstversorgung in das US-Krankenhaus in Landstuhl gebracht, zudem erreichten viele Verletzte in privater Organisation die Krankenhäuser (Deutscher Bundestag, 1989, S. 32, 117). In Eschede wurden PA in beiden Abschnitten eingerichtet, jeweils mit RMHP. Diese werden in den Berichten synonym auch als „Verletzensammelstellen“ und „Verbandplätze“ bezeichnet (Hüls & Oestern, 1999). Damit zeigt sich, dass sie auch die Funktionalität des BHPs umfassten und die Bezeichnungen 1998 noch nicht trennscharf definiert waren. An einer der PA gab es einen Hubschrauberlandeplatz, zudem wurde ortsfern eine „Sammelstelle für Leichtverletzte“ eingerichtet (Hüls, 1999, S. 11ff).

Im Falle des Eisenbahnunfalls von Bad Aibling lassen sich die aktuellen Strukturen gut wiederfinden. Die Einsatzabschnitte wurden logisch getrennt, sodass es einen EA „Schaden“ für den Unfallort / Gefahrenbereich und jeweils einen für die Strukturen gab. Festgelegt wurde nur eine PA, da es *„durch die situativen Verhältnisse [...] lediglich eine kleine Freifläche“* gab (Bracht, 2017). Ortsfern wurde eine „Unfallhilfsstelle (UHS)“ für Leichtverletzte eingerichtet, die die Funktion des BHPs für Leichtverletzte darstellte. Ein kompletter BHP wurde nicht eingerichtet. Es gab allerdings auch deutlich unter 30 Schwerverletzte (siehe Abschnitt 1.4.3), ein geeigneter Platz fehlte und der Abtransport war weniger durch fehlende Rettungsmittel als durch den aufwändigen Transport zwischen PA und Rettungsmittel begrenzt (Bracht, 2017). Zudem gab es je einen BSR für Fahrzeuge und Hubschrauber sowie Halteplätze für die Übergabe der Verletzten.

#### 4.1.4 Mobilität an den räumlichen Strukturen

Der Begriff der Mobilität ist für diese Arbeit von zentraler Bedeutung. Im Kontext von Computersystemen kann zwischen „Gerätemobilität“ und „Benutzermobilität“ unterschieden werden. Bei der Gerätemobilität kann das System an verschiedenen Orten genutzt werden und muss damit in aller Regel ohne größeren Aufwand tragbar sein. Dagegen bedeutet Benutzermobilität, dass der Nutzer an verschiedenen Orten Systeme nutzen kann, *„idealerweise mit immer der gleichen oder zumindest ähnlichen Nutzeroberfläche“* (Schiefer, 2015, S. 24).

In dieser Arbeit wird hauptsächlich mit einer Einteilung in mobile und stationäre Systeme gearbeitet. Unter mobilen Systemen sind alle Systeme zu verstehen, die im Sinne der Gerätemobilität eingesetzt werden. Stationäre Systeme sind dagegen Systeme, die keine Gerätemobilität unterstützen, aber eventuell Benutzermobilität. Als stationäre Systeme sollen dabei auch Systeme betrachtet werden, die fest in Fahrzeuge eingebaut oder fest in diesen vorgesehen sind. Darunter können auch Geräte fallen, die technisch Gerätemobilität unterstützen, aber konzeptionell an einem Einsatzort verbleiben (z.B. Laptops anstelle von Desktop-Computern im Fahrzeug). Nachfolgend wird das Potential an den MANV-Strukturen untersucht:

- SG und PA: Hier sind grundsätzlich nur mobile Systeme denkbar, da es einerseits an Aufbauzeit und andererseits an Infrastruktur für stationäre Systeme fehlt.
- BHP: Dieser erfordert Aufbauzeit und Infrastruktur, insbesondere auch Strom. Es ist daher möglich, stationäre Geräte vorzusehen. Falls ein ELW fest für die Leitung des BHP zugeordnet ist, kann dieser stationäre Geräte mitführen.
- RMHP und BSR: Beide Strukturen haben bis auf Kennzeichnungen nicht zwangsläufig Infrastruktur oder zugehörige Fahrzeuge, auch wenn die Nutzung eines ELWs gerade

beim BSR möglich ist. Dementsprechend kann an beiden Strukturen die Nutzung stationärer Systeme grundsätzlich nicht vorgesehen werden.

Zusammengefasst ist der Einsatz stationärer Computersysteme vor allem im ELW möglich, die Ausstattung mit Desktop-Computern ist bereits Stand der Technik. Diese können mittels Batterien, Notstromaggregat oder anderer Stromquelle betrieben werden. Grundsätzlich eignen sich stationäre Geräte für den BHP, haben dann aber Aufbauzeit. Die Nutzung mobiler Systeme ist grundsätzlich an allen Strukturen möglich.

## 4.2 Zeitlicher Kontext

In diesem Abschnitt werden zeitliche Abläufe beim Individualnotfall und beim MANV dargestellt (siehe Abschnitte 4.2.1 und 4.2.2) und Behandlungsstrategien im Rettungsdienst betrachtet (siehe Abschnitt 4.2.3).

### 4.2.1 Zeitliche Abläufe beim Individualnotfall

Bei Betrachtung des rettungsdienstlichen Einsatzes bei Individualnotfällen lassen sich verschiedene Phasen feststellen. Eine gängige Einteilung ist die im Rahmen der Ersten Hilfe gelehrtete Rettungskette mit üblicherweise vier präklinischen Phasen. Die ersten beiden umfassen die Sofortmaßnahmen und die Erste Hilfe, typischerweise durch Laien. In dieser Arbeit können sie zusammengefasst werden, da zu dieser Zeit der Rettungsdienst noch nicht vor Ort ist. Zur selben Zeit erhält der Rettungsdienst den Einsatzauftrag, fährt zum Einsatzort und verschafft sich dort einen Überblick inklusive Bewertung möglicher Gefahren und Rückmeldung an die Leitstelle. Diese Phase kann mehrere Minuten dauern, maßgeblich ist hier vor allem die Anfahrt in Zusammenhang mit der in Abschnitt 2.1.2 erläuterten Hilfsfrist.

In der nächsten Phase findet eine Behandlung des Verletzten statt. Diese kann eine Erstbehandlung am Ort des Auffindens oder einem Ort außerhalb des Gefahrenbereichs sowie eine weitere Behandlung im Rettungsfahrzeug umfassen. Sie wird abgeschlossen mit der Herstellung der Transportfähigkeit des Verletzten. Je nach Situation können in der zweiten Phase vorab weitere Maßnahmen wie die Rettung aus einem Gefahrenbereich notwendig sein, gegebenenfalls auch durch andere Einsatzkräfte. Des Weiteren können zur Behandlung weitere Einsatzkräfte, wie beispielsweise ein Notarzt, hinzugezogen werden.

In der letzten Phase findet der Transport des Verletzten in ein Krankenhaus statt. Bereits während der Fahrt wird das Krankenhaus informiert, bei Ankunft findet eine Übergabe mit allen benötigten Informationen statt. Anschließend wird die Einsatzbereitschaft wiederhergestellt.

## 4.2.2 Zeitliche Abläufe beim MANV

Der MANV lässt sich in andere zeitliche Phasen einteilen als der Individualnotfall. Stein und Hirshberg haben 1999 in Bezug auf eine terroristische Lage vier Phasen beschrieben, die auch auf andere MANV anwendbar sind (vergleiche z.B. Ladehof, 2015):

- In der „Chaosphase“ („Chaotic Phase“) sind Führungsstrukturen und Raumordnung noch nicht oder nur in vorläufiger Form vorhanden.
- Die „Reorganisationsphase“ („Reorganization Phase“) ist gekennzeichnet durch den Aufbau beziehungsweise die Optimierung der Führungsstrukturen und Raumordnung.
- In der „Räumungsphase“ („Site-Clearing Phase“) liegt der Fokus auf der Behandlung und dem Abtransport der Verletzten.
- Die „Spätphase“ („Late Phase“) umfasst abschließende Maßnahmen.

In der Literatur werden für die Chaosphase in urbanen Gebieten 15-25 Minuten angesetzt (Fischer & Bail, 2010), in ländlichen Bereichen kann sie deutlich länger andauern (siehe Abschnitt 1.1). In der Praxis des Rettungsdienstes wird typischerweise vor allem die Chaosphase betrachtet und zum späteren Verlauf des MANV abgegrenzt. Damit gäbe es zwei Phasen, wobei der Übergang oftmals nicht eindeutig bestimmbar ist. Ziel des Rettungsdienstes ist es, die Chaosphase kurz zu halten, indem möglichst frühzeitig ein geordneter Ablauf und Strukturen etabliert werden. In welchem Zeitraum das gelingen kann, hängt einerseits von der Dauer des Eintreffens der ersten Einsatzkräfte in Zusammenhang mit der Hilfsfrist (siehe Abschnitt 2.1.2) und andererseits den getroffenen Maßnahmen ab. Weitere Einsatzkräfte treffen je nach Lage der Rettungswachen zeitversetzt ein. Das Eintreffen der Führungskräfte sowie der Notärzte variiert nach Einsatzort; möglich ist ein Eintreffen vor dem ersten RTW ebenso wie nach einer halben Stunde, also ca. 20 Minuten nach dem ersten RTW. Aus diesem Grund müssen die Führungsaufgaben anfangs meistens von den Besatzungen der ersten RTWs übernommen werden, bis sie an die Führungskräfte abgegeben werden können (siehe Abschnitt 5.2).

In Bezug auf weitere Führungskräfte und -mittel wie den ELW (siehe Abschnitt 2.3.1 und 2.4.2) ist anzumerken, dass diese regelmäßig vom Sanitätsdienst gestellt werden. Daher müssen die Führungskräfte des Rettungsdienstes den Zeitraum bis zum Eintreffen überbrücken. Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass der Ausbau der Führungsstrukturen nachgelagert oder bestenfalls parallel zur Erhöhung der Komplexität bezogen auf die Anzahl der Einsatzkräfte und Strukturen läuft. Auch SEGs und andere Sanitätseinheiten werden in der Regel erst nach einiger Zeit eintreffen, da die Einsatzkräfte zuerst zur Wache fahren und sich umziehen müssen (siehe Abschnitte 2.1.3 und 2.1.4). Oftmals wird davon ausgegangen, dass die ersten Fahrzeuge der SEG innerhalb von 30 Minuten am Einsatzort eintreffen sollten. In den Interviews mit den OrgL

variieren die Zeitschätzungen stark. Während zwei davon ausgingen, dass das erste Fahrzeug des Sanitätsdienstes nach 10 Minuten besetzt sein sollte, meinte ein OrgL, dass das mehr als eine halbe Stunde dauern könne. Daher lohnt ein Blick auf die Feuerwehren, da die meisten davon auf Ehrenamt basieren. Diese müssen in Schleswig-Holstein innerhalb von zehn Minuten vor Ort sein, wovon zwei Minuten als Dispositionszeit angenommen werden können. Da dementsprechend acht Minuten für Ausrückzeit und Anfahrt verbleiben, müssen die Einsatzkräfte innerhalb weniger Minuten am Gerätehaus sein. Beim Sanitätsdienst ist das Einzugsgebiet der Helfer in der Regel größer. Trotzdem zeigt der Vergleich mit der Feuerwehr, dass auch im ehrenamtlichen Bereich kurze Ausrückzeiten möglich sind. Abbildung 11 veranschaulicht die Zeitabläufe beim MANV an einem Beispiel.

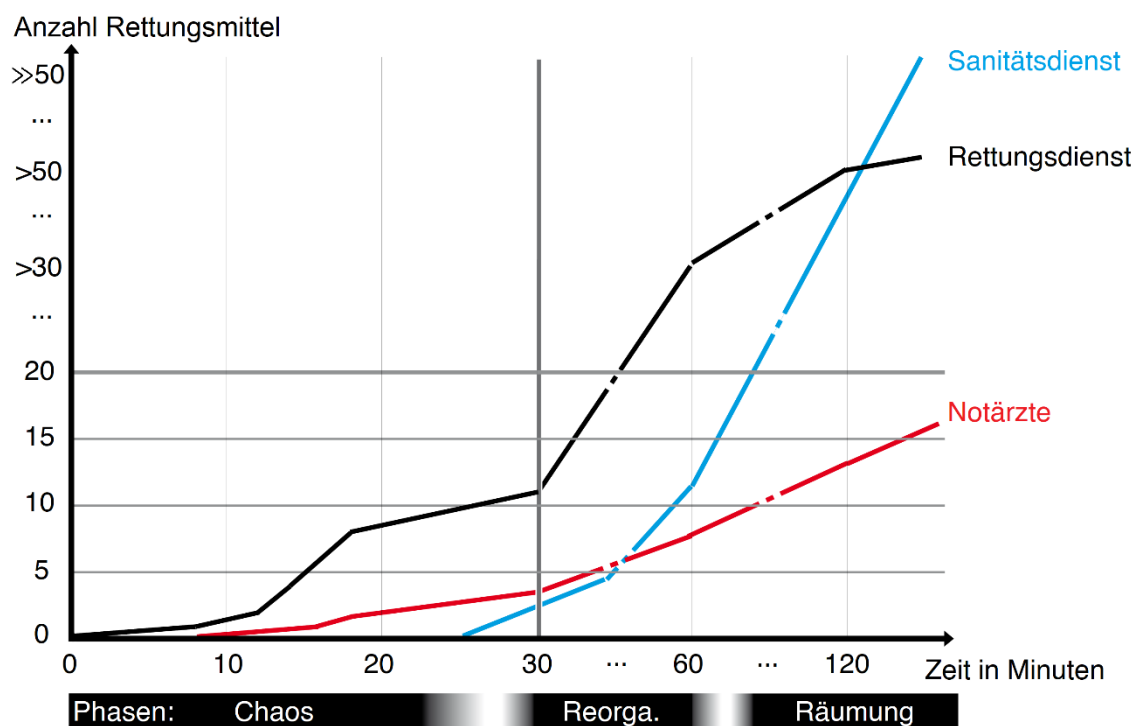


Abbildung 11: Beispielhafter typischer Zeitablauf des Eintreffens der Rettungsmittel des Sanitäts- und Rettungsdienstes sowie getrennt dargestellt der Notärzte mit Zuordnung zu den zeitlichen Phasen (siehe Abschnitt 4.2.2). Deutschsprachige Version der von Berndt und Herzeg (2019b) veröffentlichten Grafik.

Abgeleitet aus Abschnitt 3.4 kann in der Gesamtbetrachtung festgestellt werden, dass in den ersten Minuten nur Einsatzkräfte mit eventuell wenig ausgeprägten mentalen Modellen zum MANV am Einsatzort sind, denen dadurch gegebenenfalls die Erlangung einer geeigneten SA schwerfallen kann. Die später hinzukommenden OrgL und LNA können ihr bereits initial recht gut ausgeprägtes mentales Modell und die SA auf Anfahrt und durch Infos der vorläufigen Einsatzleitung schnell ergänzen. Später hinzukommende Einsatzkräfte des Sanitätsdienstes sollten meist ein recht passendes mentales Modell mitbringen.

Die zeitlichen Abläufe lassen sich bei realen Ereignissen gut erkennen. Für die MANV-Ereignisse in Eschede und Bad Aibling ist die Fahrzeuganzahl vor Ort bereits in Abschnitt 2.4.3 genannt. Für Eschede berichtet Bakeberg (1999) von nachfolgenden Eintreffzeiten:

- Erster RTW: 6 Minuten, erster RTH: 12 Minuten: erstes NEF: 14 Minuten
- LNA als ELRD: 19 Minuten
- Erste Sanitätsgruppe: 30 Minuten, erste SEG (Nachbarkreis): 40 Minuten

Ausreichend viele Rettungskräfte sind laut Bakeberg (1999) nach 142 Minuten vor Ort gewesen. Anschließend wurde der Rettungsdienst für andere Einsätze freigestellt. Bezüglich des Einsatzablaufes gibt es folgende Zeitangaben ab Einsatzbeginn:

- Erste Patiententransporte: 35 Minuten, Beginn des koordinierten Abtransports: 1 Stunde
- Einsatzbereitschaft der beiden Verletztenablagen: 85 bzw. 106 Minuten.
- Abtransport des letzten bereits aus dem Zug befreiten Schwerverletzten: 135 Minuten, Abtransport des letzten Verletzten: 232 Minuten.

Das Beispiel Bad Aibling zeigt dagegen die Problematik unzugänglicher räumlicher Verhältnisse (siehe Abschnitt 4.1.3). Trotz vieler vorhandener Rettungsmittel, von denen allein elf Hubschrauber innerhalb von 30 Minuten nach Alarmierung vor Ort waren, dauerte es von der Alarmierung (6:52 Uhr) bis zur Befreiung und dem Abtransport des letzten Schwerverletzten um ca. 10:30 Uhr mehr als dreieinhalb Stunden (Bracht, 2017), also deutlich länger als in Eschede.

### 4.2.3 Zeitliche Abläufe: Behandlungsstrategien

Das Rettungsdienstsystem in Deutschland und einigen anderen Ländern (z.B. Frankreich) sieht bei Bedarf die Hinzuziehung eines (Not-)Arztes an den Einsatzort vor. Charakteristisch ist im Individualnotfall klassischerweise eine umfassende und dadurch zeitlich lange Behandlung und Stabilisierung am Notfallort. Diese Strategie wird auch als „stay and play“<sup>35</sup> (bleiben und behandeln) bezeichnet. Dagegen sieht beispielsweise das Rettungsdienstsystem im angloamerikanischen Bereich oder in Großbritannien im Wesentlichen keine Ärzte am Einsatzort vor. In diesem werden eine minimale Behandlungsphase und ein schneller Transport angestrebt, die Strategie kann als „load and go“<sup>36</sup> (laden und fahren) bezeichnet werden (Secchi, 2009). Für Bewertungen der Strategien sei auf andere Autoren verwiesen (z.B. Smith & Conn, 2009). Es soll aber nicht unerwähnt bleiben, dass beide Strategien je nach Verletzungsmuster Nachteile haben. Aus diesem Grund ist in Deutschland mittlerweile weitgehend die Zwischenstrategie „treat and run“

---

<sup>35</sup> Es gibt verschiedene Bezeichnungen für die Strategie, auch „stay and treat“, „stay and stabilize“.

<sup>36</sup> Andere Bezeichnungen sind „scoop and run“, „scoop and go“, „swoop and scoop“.

(behandeln und rennen) etabliert. Diese berücksichtigt die Behandlung am Notfallort, aber bei Notwendigkeit auch einen zügigen Transport ins Krankenhaus (Lessing, 2007).

Die verschiedenen Strategien können auf den MANV bezogen werden. Zwar hängt hier die minimale Behandlungszeit der Verletzten von den Ressourcen zum Transport ab, dennoch lässt sich die Behandlungszeit steuern. So ist beispielsweise die Entscheidung für oder gegen den Aufbau eines BHPs nicht nur abhängig von der Anzahl der Verletzten, sondern auch davon, wie lange die Verletzten am Notfallort behandelt werden sollen. Gegen einen zu schnellen Transport mit minimaler Behandlung („load and go“) sprechen die Erfahrungen beispielsweise aus dem Flugunglück von Ramstein 1988 (siehe Abschnitt 1.4.3). Dort wurden durch zügigen Abtransport, teils in Bussen und auf Lastkraftwagen, die Krankenhäuser überlastet, so dass diese keine adäquate Versorgung sicherstellen konnten (Vemmer, 2003). Die Vorhaltung des BHPs kann klassisch in die „stay and play“-Strategie eingeordnet werden. Gleichzeitig ermöglicht das Konstrukt der TP (siehe Abschnitt 1.1) es, im Sinne von „treat and run“ Verletzte frühzeitig ins Krankenhaus zu bringen, die vor Ort nicht adäquat versorgt werden können.

### 4.3 Körperlicher Kontext

In diesem Abschnitt soll der körperliche Kontext betrachtet werden, da dieser für die spätere Systemkonzeption von Bedeutung ist. Herczeg (2018) teilt diesen in sechs Unterkontexte ein, von denen einige im Rahmen dieser Arbeit wichtig sind:

- „Ambiente Systeme“, „mehr oder weniger unsichtbar“ in den Arbeitsraum eingebettet,
- „Tangible Systeme“, die sich „im Bereich des menschlichen Greifraums“ befinden und
- „Wearables“, die vom Benutzer wie Bekleidung oder als Teil derer getragen werden.

In diesem Zusammenhang soll nachfolgend die Einsatzbekleidung im Rettungs- und Sanitätsdienst betrachtet werden. Zu dieser gehören eine spezielle Jacke und Hose sowie Sicherheitsschuhe. Für diese Arbeit interessant ist der Schutzhelm, der dem von Einsatzkräften der Feuerwehr gleicht, und üblicherweise über ein Visier verfügt. Er ließe sich mit Smartglasses kombinieren oder könnte selbst mittels eines Head-Up-Displays zu einem mobilen System werden. Die Einsatzkräfte tragen des Weiteren für viele Aufgaben Schutzhandschuhe. Bei technischen Aufgaben wie dem Zeltbau werden Arbeitshandschuhe aus Leder oder Textilmaterial verwendet; beim Umgang mit Verletzten dünne Infektionsschutzhandschuhe, typischerweise aus Latex oder Nitril. Die Einsatzkräfte tragen in der Regel einen Schutzhelm, OrgL und LNA nicht zwangsläufig über die ganze Zeit. Beide können Infektionsschutzhandschuhe tragen, müssen das bei fehlendem Patientenkontakt aber nicht; Arbeitshandschuhe werden dagegen kaum nötig sein. Die Annahmen bestätigt eine Bildrecherche, aus der zwei Beispiele in Abbildung 12 gezeigt werden.



Abbildung 12: Bilder einer Übung und einer Ausbildungsveranstaltung. Auf dem linken Bild sind die Einsatzkräfte eines ersteintreffenden RTWs bei einer Übung mit Schutzhelmen und Infektionsschutzhandschuhen zu sehen (Örtliche Einsatzleitung Rettungsdienst Landkreis Cuxhaven, 2018). Auf dem rechten Bild trägt die ELRD bei einer Ausbildungsveranstaltung Infektionsschutzhandschuhe (Arbeitsgemeinschaft Intensivmedizin Arnberg, 2017).

Der Autor dieser Arbeit konnte in eigenen Versuchen feststellen, dass sich der Touchscreen eines herkömmlichen Smartphones (im Beispiel Samsung Galaxy A10) mit Infektionsschutzhandschuhen unterschiedlichen Materials – auch übereinander angezogen<sup>37</sup> – bedienen lässt. Leichte Einschränkungen in der Haptik stellen kein Problem dar, da sie in gravierenderer Form auch bei der Nutzung von Verbandmaterial, insbesondere Pflasterstreifen, akzeptiert werden.

Einsatzkräfte mit Führungsfunktion tragen in der Regel ein Handfunkgerät mit sich, teilweise auch mehrere, um verschiedene Funkkanäle gleichzeitig hören zu können. Diese Funkgeräte verfügen in der Regel über ein kabelgebundenes Handsprechteil, manchmal auch über ebenfalls kabelgebundene Ohrhörer. Einsatzkräfte, die Verletzte behandeln müssen, tragen auf dem Weg zum Bestimmungsort in der Regel einen oder mehrere Notfallrucksäcke, -taschen, -koffer und bzw. oder medizintechnische Geräte, zum Teil auf dem Rücken, zumeist aber in den Händen. Viele Rettungskräfte nutzen persönliche Behandlungsausstattung wie Scheren sowie kleinere Geräte wie Taschenlampen, die oft an Gürtelhaltern befestigt sind.

<sup>37</sup> Das Anziehen von Handschuhen übereinander wird oft bei Behandlung mehrerer Verletzter nacheinander praktiziert. So lässt sich der obenliegende Handschuh nach Patientenkontakt leichter und schneller wechseln, da das Feuchtwerden der Haut kein Problem darstellt und ggf. ein Desinfektionsschritt entfällt.

# 5 Aufgabenanalyse

In diesem Kapitel werden die Aufgaben des Rettungs- und Sanitätsdienstes erläutert. Es ist für diese Arbeit von zentraler Bedeutung, da aus den Aufgaben im Rahmen der Konzeption die Funktionalität des zu entwickelnden Systems inklusive der Automaten abgeleitet wird (siehe Abschnitte 8.4 und 9.4). Zudem ist es für das Verstehen des Anwendungskontextes elementar.

Die Aufgaben dienen der Erreichung der Ziele, die sowohl im Individualnotfall als auch im MANV im Wesentlichen in der Rettung und Behandlung medizinisch hilfsbedürftiger Menschen sowie dem Transport in Krankenhäuser liegen (siehe Abschnitte 1.1 und 2.2). Unterteilt werden die Aufgaben gemäß ihrer Zuordnung zum Individualnotfall (siehe Abschnitt 5.1) beziehungsweise zum MANV (siehe Abschnitt 5.2).

## 5.1 Aufgaben bei Individualnotfällen

Die Aufgaben bei Individualnotfällen lassen sich in folgende sequenziell durchgeführte Hauptaufgaben von der Ankunft am Einsatzort bis zur Übergabe des Patienten unterteilen:

- Lageerkundung und Information der Leitstelle (Rückmeldung),
- Erstversorgung des Patienten und Weiterversorgung im Fahrzeug sowie den
- Transport des Patienten und Übergabe an ein Krankenhaus.

Nicht immer sind alle Schritte notwendig. Beispielsweise können Patienten mit leichten Verletzungen nach der Erstversorgung entlassen werden. Eine nicht sequenzielle und damit in das obige Schema nicht einzuordnende Aufgabe ist die Dokumentation, die vorzugsweise parallel zu den genannten Aufgaben erfolgen soll. Sie erfolgt klassischerweise mit Papierformularen (siehe Abschnitt 5.2.4). Laut Rettungsdienst-Kooperation in Schleswig-Holstein (2020) wird sie dann *„[z]wischen den Einsätzen [...] vervollständigt und in das [...] Computersystem eingepflegt [...]“*, was unter anderem für die Abrechnung notwendig sei. Die Dokumentation im Individualnotfall ist bereits in Abschnitt 1.2 als Ansatzpunkt für den Einsatz von Computersystemen eingeführt worden, entsprechende Systeme werden in Abschnitt 7.3 gezeigt.

Für diese Dissertation und das Verständnis des Kontextes sind die genannten Aufgaben aufgrund des Fokus auf den Ausnahmefall ausreichend, um die Übertragung auf den MANV zu verstehen. Eine ausführliche Aufgabenanalyse findet sich bei Mentler (2015, S. 29).

## 5.2 Aufgaben beim MANV

Im MANV wird die Individualversorgung zugunsten des Gesamtergebnisses zurückgestellt. Es wird allerdings versucht, möglichst früh eine der Individualversorgung gleichende Behandlungsqualität wiederherzustellen und insbesondere möglichst viele Verletzte zu retten und bleibende Schäden zu verhindern. Damit ergeben sich zusätzliche Aufgaben im Vergleich zum Individualnotfall, insbesondere Führungsaufgaben. Nachfolgend werden die Aufgaben genannt und nummeriert, wobei Aufgaben der Vorläufigen Einsatzleitung „A0“, Aufgaben der Einsatzleitung „A1“ oder „A2“ und Aufgaben der Einsatzkräfte „A3“ vorangestellt wird.

### 5.2.1 Aufgaben der Vorläufigen Einsatzleitung

Da beim MANV so schnell wie möglich Führungsaufgaben erledigt werden müssen, die Führungskräfte aber regelmäßig erst nach einiger Zeit eintreffen (siehe Abschnitt 4.2.2), müssen die ersten Führungsaufgaben von den ersteintreffenden Rettungskräften wahrgenommen werden. In der Regel ist das die Besatzung eines RTWs. Die genaue Ausgestaltung dieses oft als „Vorläufige Einsatzleitung“ (VEL) bezeichneten Konstrukts wird vom Rettungsdienst festgelegt. In vielen Rettungsdienstbereichen geben die ersteintreffenden Rettungskräfte die Führung nach Eintreffen des ersten Notarzteinsatzfahrzeugs ganz oder teilweise an dessen Besatzung ab, so dass der Notarzt die medizinische Versorgung (analog zum LNA) und der NotSan die organisatorische Führung (analog zum OrgL) übernimmt (Kreis Segeberg, 2016). Teilweise erhalten die NEF-Fahrer zu diesem Zweck eine entsprechende Zusatzausbildung als Gruppenführer (vgl. Abschnitt 3.1.3, Fach, 2016; Grütz, 2016). In anderen Rettungsdienstbereichen behalten die ersteintreffenden Einsatzkräfte die Führung bis zum Eintreffen des OrgL und LNA, um Zeit- und Informationsverluste zu verhindern (Neuss & Denschstädt, 2015).

Die Aufgaben der vorläufigen Einsatzleitung in den ersten Minuten sind, konsolidiert aus den Interviews und Erfahrungen, vor allem:

- die Feststellung der Lage und Rückmeldung an Leitstelle sowie Leitungskräfte (A0.1),
- die Einweisung und Aufgabenverteilung an die ersten Fahrzeuge (A0.2),
- dabei insbesondere die Anordnung der Vorsichtung (A0.3),
- die Raumordnung in Form der Festlegung von Orten für zumindest die PA und den BSR (A0.4), sowie
- die Übergabe der Führung an die ELRD nach deren Eintreffen (A0.5).

Die Aufgaben lassen sich weiter präzisieren. Die in Abbildung 13 gezeigte hierarchische Aufgabenanalyse (Hierarchical Task Analysis, HTA) verfeinert die Aufgabe A0.1, während die HTA

in Abbildung 14 daran fortsetzend die Aufgaben A0.2 bis A0.5 im Detail behandelt. Falls das Eintreffen der ELRD lange dauert, können weitere Aufgaben erforderlich werden. Die VEL kann nach Übergabe der Führung für untergeordnete Führungsaufgaben eingeteilt (Kreis Segeberg, 2016) oder wieder als normale Rettungswagenbesatzung eingesetzt werden.

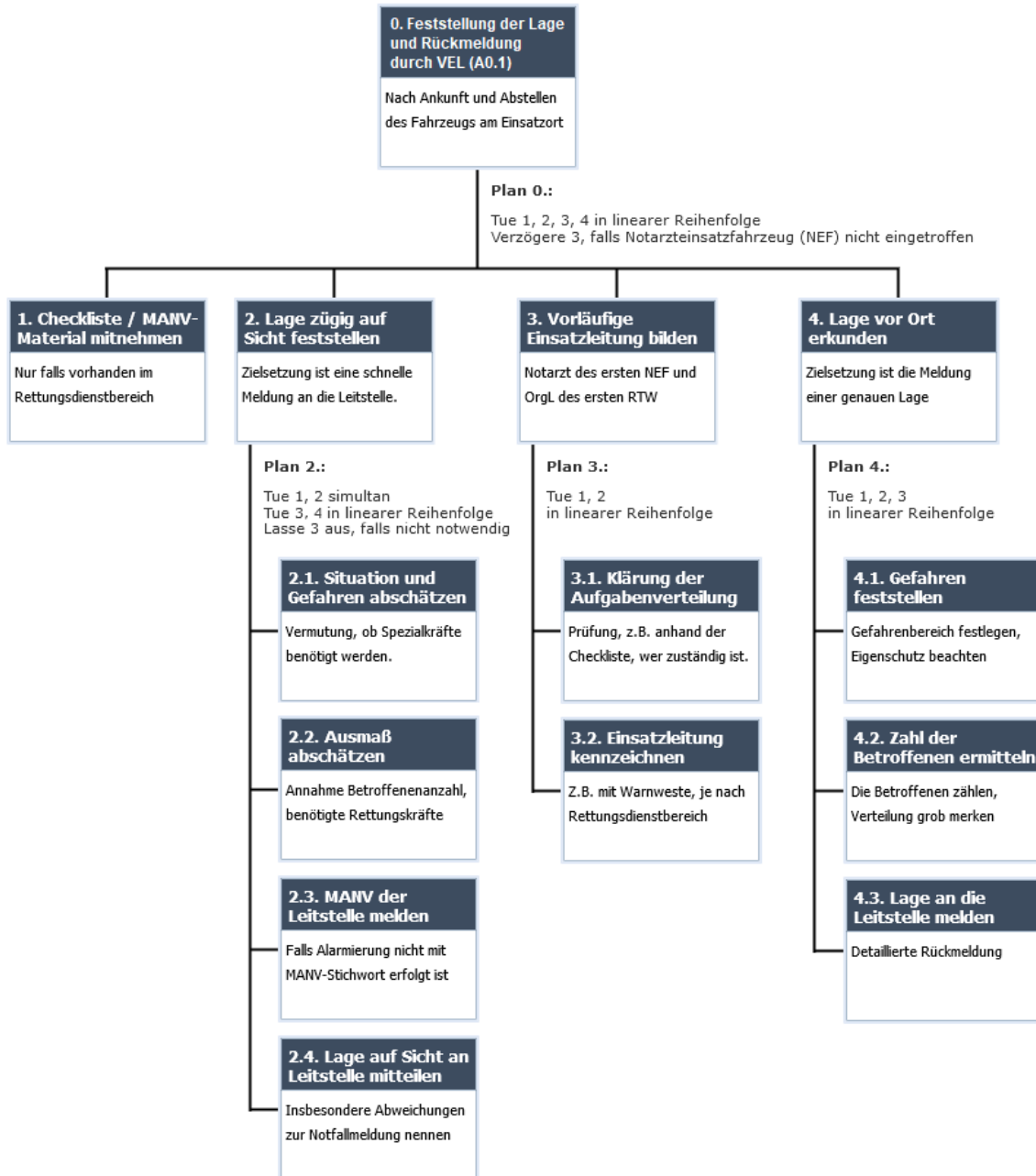


Abbildung 13: HTA zur Aufgabe A0.1 der VEL („Feststellung der Lage und Rückmeldung an Leitstelle sowie Leitungskräfte“) direkt nach Eintreffen am Einsatzort. Orientiert an Checklisten aus dem Land Bayern (Birkholz, Huppertz & Storz, 2016) und dem Kreis Segeberg (2016).

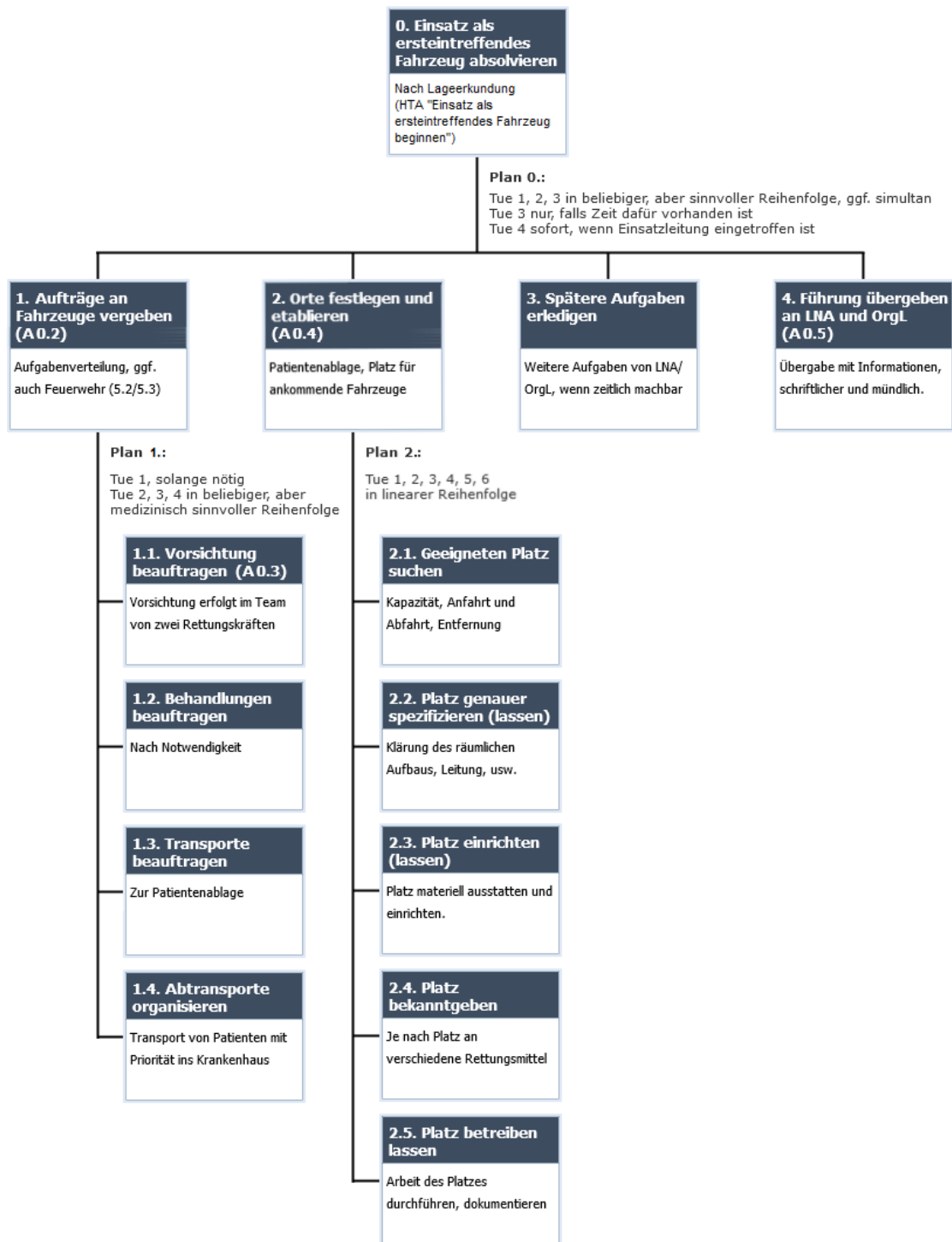


Abbildung 14: HTA zu weiteren Aufgaben der VEL (A0.2 bis A0.5) als Fortsetzung der HTA aus Abbildung 13. Orientiert an Checklisten aus dem Land Bayern (Birkholz, Huppertz & Storz, 2016) und dem Kreis Segeberg (2016).

Allgemein ist gerade bei der VEL die in Abschnitt 3.2.2 genannte Problematik fehlender Routine festzustellen, die sich im Extremfall in Form von fehlender SA (siehe Abschnitt 4.2.2) in einer ungünstigen Bearbeitung des MANV ausdrücken kann. So sagte OrgL1 im Interview bezüglich der Übernahme der vorläufigen Einsatzleitung: „Da das aber überhaupt nicht das Tagesgeschäft ist des normalen Rettungswagens, gerät das gerne in Vergessenheit“ und: „Wenn es einen gibt,

*der das dann macht, dann ist sozusagen schon mal die halbe Miete gewonnen.*“ In Bezug auf die Aufgaben ist also festzustellen, dass sich diese stark vom Individualnotfall unterscheiden. Das Care&Prepare-Prinzip lässt sich also nur herstellen, wenn passende Anknüpfungspunkte für verschiedene Vorgehensweisen gefunden werden.

## 5.2.2 Aufgaben der Einsatzleitung Rettungsdienst

Allgemein folgt die Einsatzleitung dem Führungsvorgang gemäß Abschnitt 2.3. Genauer lassen sich die Aufgaben des OrgL gemäß der Literatur (insbesondere Fiebach, 1999; Schmiedel, 1998; Holle & Pohl-Meuthen, 2002) und den Interviews (siehe Abschnitt 1.4.2) aufgliedern in:

### **Lage:**

- Die Feststellung der Lage (A1.1),
- die Festlegung von räumlichen Einsatzabschnitten und Einsatzprioritäten (A1.2) und
- die Einrichtung und Prüfung räumlicher Strukturen (A1.3, z.B. Lage des BSR).

### **Führung der Einsatzkräfte:**

- Die Beauftragung der für organisatorische Aufgaben eingesetzten Einsatzkräfte (A1.4),
- die Abfrage und Anforderung weiterer Ressourcen bei der Leitstelle (A1.5) und
- die Organisation der Registrierung der Einsatzmittel und -kräfte (A1.6).

### **Verletzte:**

- Die Organisation der (Vor-)Sichtung und Registrierung der Verletzten (A1.7),
- die Organisation der Behandlung inkl. Transporten zwischen Strukturen (A1.8) und
- die Organisation des Transports der Verletzten in Krankenhäuser oder der Entlassung gemäß Vorgaben des LNA (A1.9).

### **Kommunikation:**

- Der Aufbau und der Betrieb von Kommunikations- und Führungsstrukturen (A1.10),
- die Kommunikation und Zusammenarbeit mit anderen Organisationen (z.B. Feuerwehr) und der Leitstelle (A1.11) und
- die Abfrage der Krankenhauskapazitäten (A1.12).

### **Management:**

- Die Führung von Übersichten zu Verletzten, Einsatzmitteln wie Fahrzeugen, Material oder Personal (A1.13),
- die Logistik, Materialbeschaffung und Versorgung (A1.14) und
- die Dokumentation des Einsatzes (A1.15).

Für die Delegation an weitere Führungskräfte oder Personal zur Führungsunterstützung (siehe Abschnitt 2.3.1) eignen sich vor allem Aufgaben, die klar abgrenzbar und zeitaufwändig sind oder kontinuierlich erledigt werden müssen. Dazu zählen die Aufgaben A1.10 bis A1.15, da sie kontinuierlich anfallen, aber keine strategischen Entscheidungen erfordern. Auch bei der Aufgabe der Organisation der Transporte in Krankenhäuser (A1.9) wäre die Erledigung durch Personal zur Führungsunterstützung möglich. Sie kann aber auch eigenständig durch einen Transportkoordinator als untergeordnete Führungskraft erfolgen (siehe Abschnitt 2.3.1). Die meisten Aufgaben können hierarchisch weiter in Unteraufgaben unterteilt werden. Exemplarisch nennt Fiebach (1999) für die Organisation des BHPs (Teil von A1.3) nachfolgende Unteraufgaben:

- Die Absprache mit dem Gesamteinsatzleiter bezüglich des Ortes,
- die Erkundung des Ortes und des Platzbedarfs,
- die Entscheidung, ob feste Gebäude oder Zelte genutzt werden,
- die Klärung der An- und Abfahrt,
- die Klärung der Einrichtung von Strukturen wie Sichtung- und Versorgungsbereichen (z.B. nach Sichtungskategorien) sowie der Totenablage,
- den Nachschub von Verbrauchsmaterialien und Medikamenten,
- die Beheizung und Beleuchtung (falls benötigt),
- die Sicherstellung persönlicher Gegenstände der Patienten (z.B. durch die Polizei) und
- die Festlegung der benötigten Stellen für Eingangs- und Ausgangsregistrierung.

Der LNA ist für die Einsatzleitung im medizinischen Sinne zuständig. Dementsprechend können als Aufgaben festgestellt werden (insbesondere Schmiedel, 1998):

**Lage:**

- Die Feststellung der medizinischen Lage (A2.1),
- die Klärung der Schwerpunkte für den medizinischen Einsatz (A2.2) und
- die Klärung, wie viele Helfer und welches Material benötigt werden (A2.3).

**Führung der Einsatzkräfte:**

- Die Führung der medizinisch eingesetzten Einsatzkräfte, auch der (Not-)Ärzte (A2.4).

**Maßnahmen:**

- Die Durchführung oder Delegation der (Vor-)Sichtung (A2.5),
- die Bestimmung der Prioritäten der Verletzten in Bezug auf die Behandlung (A2.6),
- die Festlegung der Art der medizinischen Behandlung (A2.7),
- die Festlegung von Transportmittel, -priorität und -ziel (A2.8) und
- die Dokumentation der medizinischen Maßnahmen (A2.9).

Die klare Abgrenzbarkeit vieler Aufgaben und der gleichzeitig bestehende Zusammenhang dazwischen bestätigen die Annahme aus Abschnitt 3.4.3, dass auf die Erlangung einer guten Team SA hingearbeitet werden sollte. Zumindest für den OrgL kann das zu etablierende System rein auf den MANV zugeschnitten sein und muss weniger das Care&Prepare-Prinzip berücksichtigen, da dieser nach den Aussagen aus den Interviews während seiner OrgL-Tätigkeit auf den MANV eingestellt ist. Zudem hat ein OrgL gegebenenfalls eher wenig Einsatzroutine im Individualnotfall, wenn er neben der OrgL-Tätigkeit primär Verwaltungsarbeiten erledigt (siehe Abschnitt 3.2.1). Auch OrgL1 meint: *„Es muss, glaub ich, eh ein neues System werden, weil der OrgLeiter mit dem individualmedizinischen Notfall erstmal nichts zu tun hat.“* Dem Prinzip entgegen steht vor allem, dass ein System zur Unterstützung der Führungskräfte zwangsläufig eine hohe Komplexität aufweisen wird, wie die verschiedenen Analysen zeigen (verschiedene Einsatzkräfte, verschiedene Fahrzeugtypen, große Anzahl von Verletzten). In dem Zusammenhang sagte OrgL3, dass eher eine Analogie zwischen MANV und Großveranstaltungen zu sehen sei, da manche Großveranstaltung *„von [den] Patientenzahlen her ein MANV [ist]“*. Diese Aussage berücksichtigt allerdings nicht, dass der Sanitätswachdienst auf Großveranstaltungen vorgeplant und auf die Größe der Veranstaltung angepasst ist und im Normalfall jederzeit genügend Einsatzkräfte vor Ort sind (siehe Abschnitt 2.2.1). MANV-Charakteristika wie ein plötzliches, zeitgleiches Auftreten vieler Verletzter, Ressourcenknappheit beim Rettungs- und Sanitätsdienst und die MANV-Phasen sind also nicht gegeben. Daher sieht der Autor dieser Arbeit für die Leitung von Großveranstaltungen eher eine Analogie zur Leitstelle im Regelbetrieb. Das ändert sich, wenn ein unvorhergesehenes Ereignis zum MANV auf der Großveranstaltung führt, wie im Beispiel des Flugschauunglücks von Ramstein (siehe Abschnitt 1.4.3).

Vorgeschlagen wurde in den Interviews des Weiteren, dass ein System modular sein könne, da verschiedene Einsätze auch verschiedene Möglichkeiten bedingen würden. Da mit dieser Aussage Modularität im Sinne der Benutzung gemeint ist, könnte der Benutzer dann aus mehreren Systemteilen die passenden wählen. Vorteile für Module sieht der Autor dieser Arbeit vor allem in dynamischen Lagen (siehe Abschnitt 1.1) und konkret beispielsweise für CBRN-Gefahren (chemisch, biologisch, radiologisch und nuklear), aber auch bezüglich der Weitergabe von Aufgaben an untergeordnete Führungskräfte oder Unterstützungspersonal.

Für die Hauptaufgaben hat Mentler (2015, S. 35 - 36) ausführliche HTAs erarbeitet, die für das Verständnis der Aufgaben hilfreich sind. Auf diese sei daher hier hingewiesen.

### 5.2.3 Aufgaben der Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion

Die Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion erhalten ihre Aufgaben im MANV mit Ausnahme der ersteintreffenden Kräfte (siehe Abschnitt 5.2.1) von der VEL beziehungsweise ELRD. Diese Form der Arbeit ist für den Rettungsdienst ungewohnt, für den Sanitätsdienst hingegen der Regelfall (siehe Abschnitt 2.2) und damit passend zum mentalen Modell der entsprechenden Einsatzkräfte. Im Folgenden werden die Aufgaben zum Verständnis dieser Arbeit aufgelistet. Dabei ist zu beachten, dass die Aufgaben natürlich auch von den Führungskräften selbst übernommen werden können; ein Beispiel dafür ist die (Vor-)Sichtung (A2.5). Erste Aufgaben sind:

- Die Anfahrt zum Einsatzort inklusive Meldung der Ankunft (A3.1) und
- die Durchführung der Vorsichtung (A3.2) „*durch medizinisch-qualifiziertes Personal*“ (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, 2017).

Die Vorsichtung erfolgt heutzutage in der Regel algorithmenbasiert und beinhaltet eine kurze Beurteilung jedes Verletzten; dabei erhält dieser auch eine eindeutige Identifikationsnummer. Ein in vielen Rettungsdiensten verwendetes System ist der „modifizierte START-Algorithmus“ („mSTaRT“) nach Kanz, Hornburger, Kay, Mutschler und Schäuble (2006), der etwa beim Eisenbahnunfall in Bad Aibling durch zwei Vorsichtungsteams zum Einsatz kam (Bracht, 2017). Ein weiteres ist das vom BBK und der Deutschen Gesellschaft für Katastrophenmedizin (DGKM) entwickelte „Primäre Ranking zur Initialen Orientierung im Rettungsdienst - PRIOR“ (Bubser, Callies, Schreiber & Grüneisen, 2014). Als Ergebnis der Vorsichtung erhält der Verletzte eine Verletztenanhängekarte mit einer der in Abschnitt 1.1 eingeführten Sichtungskategorien (ohne die IV, die nur in der ärztlichen Sichtung vergeben wird). Die Vorsichtung ist für den Verlauf sehr wichtig und muss früh erfolgen. Daher wird sie zumeist vom zweiten eintreffenden Team des Rettungsdienstes übernommen. Als Zeitansatz kann für PRIOR ein Wert von  $23s \pm 13s$  (SK1: 27s, SK2: 28s, SK3: 42s) und für mSTaRT  $31s \pm 23s$  (SK1: 35s, SK2: 20s, SK3: 10s) angenommen werden (Heller et al., 2017). Die Schätzungen variieren jedoch stark, so finden sich bei Künzel (2008) wesentlich höhere Angaben: „*Als Zeitansatz für die Sichtung werden für stehende/laufende Patienten 30 Sekunden angesetzt, für liegende Patienten bis zu 2 Minuten.*“

Die Unteraufgaben der Vorsichtung zeigt die HTA in Abbildung 15. In einigen Rettungsdiensten gibt es spezielle „Vorsichtungstaschen“, die die Einsatzkräfte anstelle des Notfallrucksacks mitnehmen sollen. Diese sollen den Rückfall in die Individualbehandlung des Regelbetrieb (siehe Abschnitt 2.2.1) verhindern, wie OrgL2 beschrieben hat: „*Was sonst da ist, der normale Notfallrucksack, das wird in der Regel dann auch benutzt.*“ Gleichwohl sei schon der Wechsel auf die Vorsichtungstasche ein Problem: „*Dieses Umschalten am Anfang, nicht wie gewohnt, diese eine Klappe aufzumachen und den Notfallrucksack herauszunehmen, [...] das fällt vielen sehr schwer*

*in dieser Stresssituation.*“ Die genannte Lösung kann als Verletzung des Care&Prepare-Prinzips gewertet werden, zeigt aber auch deutlich als Problematik des Prinzips die Möglichkeit des Zurückfallens in die Routine auf. Weitere Aufgaben sind:

- Die Durchführung der Sichtungen (A3.3) „*durch ärztliches Personal*“ (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, 2017), bei denen bei Bedarf zusätzlich die Kategorie IV als auch die TP für die SK I, vergeben werden können,
- die Untersuchung und Behandlung der Verletzten (A3.4),
- der Transport eines oder mehrerer Verletzter zwischen zwei Strukturen am Einsatzort, zu Fuß oder im Fahrzeug (A3.5),
- der Transport eines oder mehrerer Verletzter mittels Fahrzeugs oder RTHs vom Einsatzort in ein Krankenhaus (A3.6) und
- die Registrierung der Verletzten (A3.7), abzugrenzen von der Dokumentation der Untersuchung und Behandlung, die zu den Aufgaben A3.2 und A3.4 gehört.
- Zudem der Aufbau von Strukturen, wie dem Behandlungsplatz (A3.8),
- der Betrieb von Strukturen mit den Unteraufgaben
  - Registrierung und Meldung der Ankunft von Fahrzeugen (A3.9),
  - Registrierung der eintreffenden Verletzten (A3.10),
  - Registrierung der ausgehenden Verletzten inklusive Zuordnung von Verletzten zu Fahrzeugen (A3.11) und
  - Schaffung des Überblicks über die Lage an der Struktur (A3.12).
- Außerdem die Durchführung logistischer Aufgaben (A3.13), wie beispielsweise der Transport von Material oder die Sicherstellung der Stromversorgung oder Beleuchtung.

Die zur Verfügung stehenden Ressourcen müssen für die Erfüllung der Aufgaben aufgeteilt werden. So muss beispielsweise entschieden werden, wie viele Fahrzeuge für die Vorsichtung (A3.2) oder die Behandlung am Schadensort (A3.4) eingeteilt werden. Dazu kann neben Einschätzungen auf Basis der eigenen Erfahrung auf Faustregeln zurückgegriffen werden, die sich je nach Rettungsdienst unterscheiden können. Beispiele sind:

- Die 3-2-1 Regel zur Sicherstellung der Erstversorgung, bevor Transporte stattfinden. Sie besagt, dass 3 RTWs, 2 NEFs, 1 KTW die Versorgung von 10 Patienten übernehmen können (dem Autor aus Arbeitshilfen bekannt).
- Die komplexere Berechnung zur Erstversorgung, die im Spezialfall die 3-2-1-Regel ergibt: 2 RTWs + 1 NEF für zweimal SK I, 1 RTW + 1 NEF für dreimal SK II, 1 KTW für fünfmal SK III (Kreis Steinfurt, 2019)

Für die Behandlung und den Transport der Verletzten dürfte tendenziell bevorzugt der Rettungsdienst eingesetzt werden, für die anderen Aufgaben der Sanitätsdienst, der zumeist auch das Material für einen BHP mitführt (GW San). Die Aufgaben sind den Anweisungen der Leitungs- und Führungskräfte entsprechend auszuführen. So werden eventuell die Behandlungsmethoden eingeschränkt und die Dokumentation kann mit anderen Mitteln erfolgen als gewohnt.

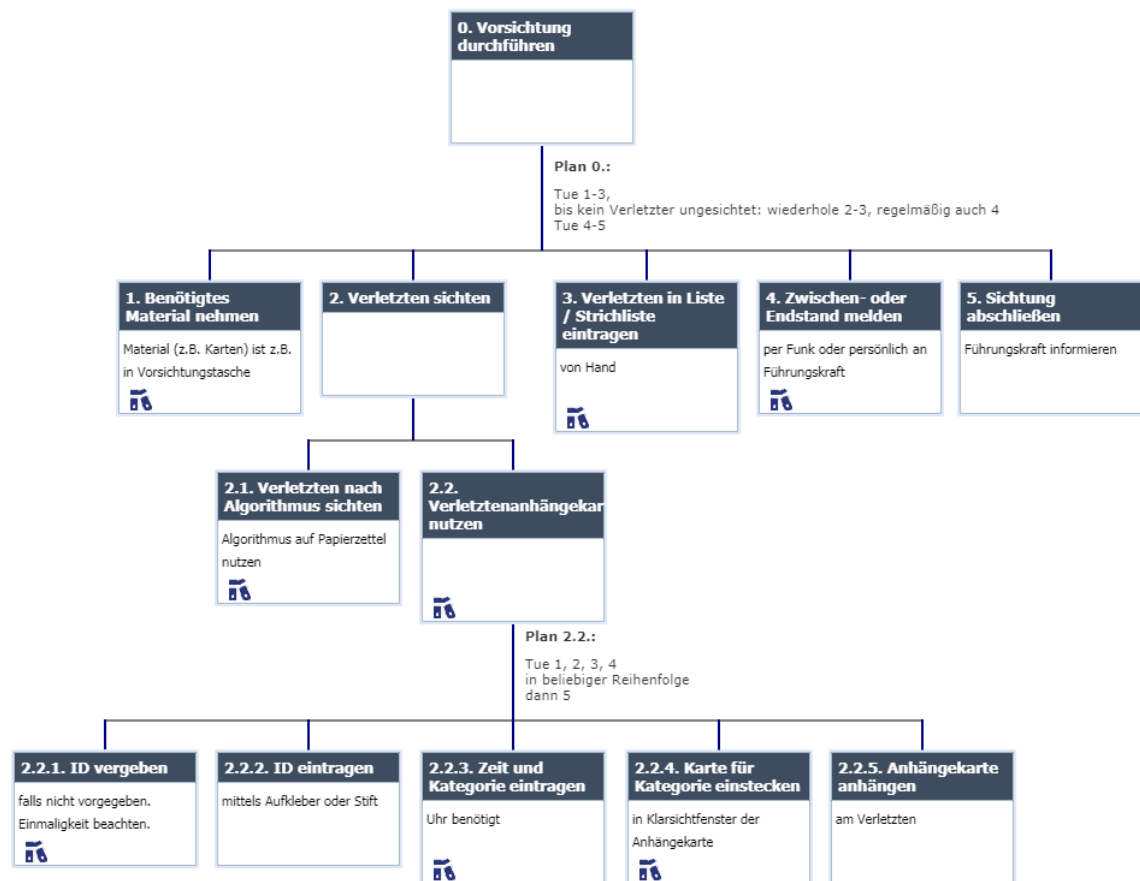


Abbildung 15: HTA zur Vorsicht (A3.2).

Bei den Einsatzkräften ohne Führungsfunktion wird die Sinnhaftigkeit des Care&Prepare-Prinzips am deutlichsten, da diese Aufgaben am ehesten mit den Aufgaben des Individualnotfalls vergleichbar sind beziehungsweise sich Analogien zwischen beiden finden lassen. Für den Rettungsdienst ist die Berücksichtigung auf jeden Fall sinnvoll, für den Sanitätsdienst gelten die in Abschnitt 3.2.2 genannten Einschränkungen.

## 5.2.4 Arbeitsmittel

In diesem Abschnitt werden die für diese Arbeit relevanten Arbeitsmittel organisatorischer Art beim MANV betrachtet. Arbeitsmittel zur Diagnose und Versorgung der Verletzten und insbesondere medizintechnische Geräte sind dabei ausgeschlossen. Nachfolgend werden zuerst

Arbeitsmittel betrachtet, die zumeist in Papierform vorliegen. Zum Teil gibt es inzwischen computerbasierte Umsetzungen, die aber oft an der Papierform orientiert sind (siehe Kapitel 7):

- *Patientenprotokolle*, oft auch Einsatzprotokolle genannt, sind Papierformulare zum Eintragen der persönlichen Daten, Diagnose und Behandlung eines Patienten. Sie enthalten typischerweise Auswahloptionen und Freitextfelder, oft auch Patientenskizzen zum Markieren von Körperteilen. Patientenprotokolle bieten üblicherweise eine sehr hohe Zahl an Eintragungsmöglichkeiten. Die Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI) e.V. gibt regelmäßig eine Empfehlung für ein Notarzt-Einsatzprotokoll auf Basis des sogenannten „Minimalen Notarzt Datensatzes“ („MIND“) heraus. Die auf MIND 3.1 basierende Version 5.1 von 2015 umfasst 2 Seiten mit mehreren hundert Auswahlmöglichkeiten. Gedacht für den Individualnotfall, werden Patientenprotokolle häufig auch in Massenanfällen mit geringen Verletztanzahlen oder ab der Räumungsphase (siehe Abschnitt 4.2.2) verwendet.
- *Verletztenanhängerkarten* sind Papier- oder Plastikkarten, die mit Stift beschrieben werden können und wie Patientenprotokolle der Dokumentation eines Verletzten dienen. Sie sind für den MANV gedacht und ermöglichen daher primär eine gut erkennbare Kennzeichnung der Sichtungskategorie, verbunden mit stark verringerten und vereinfachten Dokumentationsmöglichkeiten (Aufgabe A3.2).
- *Papierbasierte Unterstützungsmittel, wie Checklisten und Algorithmen*. Diese liegen oft als Papier-Taschenkarte (siehe Anhang) oder als Teil eines Algorithmenhefts vor, in dem zudem Verfahrensweisen für spezielle Erkrankungs- und Verletzungsmuster im Individualnotfall stehen (vgl. „Pyramidenprozess“, Deutscher Berufsverband Rettungsdienst, 2017). In Bezug auf den MANV gibt es zum Beispiel Checklisten für die vorläufige Einsatzleitung oder Algorithmen für die Vorsichtung (siehe Abschnitt 5.2.3).
- Formulare für die Bearbeitung von Aufgaben, oft als DIN A4-Papierzettel. Ein Beispiel ist die in Abbildung 16 abgebildete Patientenübersicht. Sie kann während der Vorsichtung oder an der Patientenablage zur Zählung der Verletztenanzahl geführt werden (Aufgabe A3.2 beziehungsweise A3.10-A3.12). Das Ergebnis wird der Einsatzleitung mündlich, per Funk oder durch Abgabe der Liste mitgeteilt.
- *Dokumentationslisten für die Führung* dienen der Sammlung von Informationen, etwa für Aufgaben oder Strukturen. Ein solches Beispiel ist die in Abbildung 17 gezeigte Liste. Sie werden meist direkt vor Ort geführt. Alternativ können sie auf Basis (fernmündlich) erhaltener Informationen von der Einsatzleitung oder von Personal zur Führungsunterstützung genutzt werden und in dem Fall auch mehrere Aufgaben oder Strukturen umfassen (siehe Abschnitt 2.3.1).



Als weiteres Hilfsmittel sind *Taktische Lagekarten* zu nennen, die im ELW und damit ab der Reorganisationsphase genutzt werden und eine räumliche Darstellung des Einsatzortes, der Strukturen und der Fahrzeuge ermöglichen. Sie werden vor allem zur Lagedarstellung und -planung genutzt. Zur Eintragung von Patienten, Einheiten und Fahrzeugen gibt es eine symbolische Codierung, die als „Taktische Zeichen“ bekannt ist (siehe Abschnitt 2.1.3, Ständige Konferenz für Katastrophenvorsorge und Katastrophenschutz, 2010). Neben der handschriftlichen Eintragung ist die Nutzung von Magnettafeln oder ähnlichem üblich.

Nachfolgend werden Arbeitsmittel genannt, die elektronisch oder computerbasiert funktionieren. Um Überschneidungen zu vermeiden, werden Computer, Laptops und mobile Geräte und deren Software nicht erwähnt, wenn sie dazu dienen, die oben genannten papierbasierten Prozesse zu ersetzen oder zu ergänzen. Diese werden stattdessen bei der Betrachtung des Stands der Technik erläutert (siehe Kapitel 7).

- *Funkgeräte* sind Geräte zur Kommunikation zwischen Einsatzkräften an der Einsatzstelle oder im Umfeld. Aktueller Standard ist der Digitalfunk in einem „Terrestrial Trunked Radio“-Funknetz („TETRA“, das speziell für BOS-Organisationen vorgesehen ist (siehe Abschnitt 2.1). Funkgeräte sind fest im Fahrzeug verbaut („Mobile Radio Terminal“ / MRT) oder zum Tragen („Handheld Radio Terminal“ / HRT) konzipiert. Nachfolgend sollen sie als Fahrzeugfunkgeräte und Handfunkgeräte bezeichnet werden.
- *Funkmeldesystem (FMS) / Statustasten in Funkgeräten*: Mit Tasten (0 bis 9) können vordefinierte Status versendet werden, so z.B. die „Einsatzbereitschaft auf Funk“ (Status 1) oder die „Ankunft am Einsatzort“ (Status 4). Diese werden oftmals mit Farben hinterlegt, z.B. hellgrün für die Einsatzbereitschaft auf Funk, dunkelgrün für die Wache (Status 2), gelb für die Einsatzübernahme (Status 3) und rot für die Ankunft<sup>38</sup>.
- *Funkmeldeempfänger* sind Geräte zur Alarmierung von Einsatzkräften mittels eines Warntons. Aktuelle Geräte zeigen die Einsatzaufträge zudem in Textform an.
- *Navigationsgeräte* werden für die Wegfindung zum Einsatzort und gegebenenfalls zur Anzeige weiterer Informationen verwendet.
- *Smartphones und Mobiltelefone* werden für längere Telefonate mit der Leitstelle genutzt (unter Einsatzkräften „über Draht kommen“ genannt), aber auch für Internet-Anwendungen, insbesondere im Rahmen der Einsatzleitung. So nannte ein OrgL als Beispiele die Nutzung von Google Maps und Gefahrgutdatenbanken. Ein weiterer meinte, dass er sich Telefaxe der Leitstelle über E-Mail auf sein Smartphone weiterleiten lasse. Wie in diesem Beispiel ist die Nutzung oft informell und nicht konzeptionell geplant, weshalb häufig

---

<sup>38</sup> In dieser Farbgebung beispielsweise realisiert in der Einsatzleitwagen-Software TETRAcontrol. Screenshots sind unter <https://tetracontrol.de/> (Zugriff am 01.02.2022) zu finden.

private Smartphones genutzt werden. Allerdings sind auch viele Rettungsfahrzeuge direkt mit solchen Geräten ausgestattet. Ein OrgL erwähnte, dass für eine ausreichende Netzabdeckung mehrere SIM-Karten genutzt werden sollten.

Bei vielen MANV-Ereignissen lassen sich in Bezug auf die Kommunikationstechnik Probleme feststellen. Im Beispiel des Eisenbahnunfalls in Eschede waren der *„BOS-Funk für Rettungsdienst und Feuerwehr ebenso wie die privaten Netze [...] völlig überlastet und standen nur eingeschränkt oder gar nicht zur Verfügung“*, hier wurden Einsatzkräfte als „Melder“ und Feldtelefonie genutzt (Hüls, 1999, S. 24). Auch für Bad Aibling berichtet Bracht (2017) von einem zeitweisen *„Ausfall des Analogfunks“*. Ob diese Ausfälle im mittlerweile eingeführten Digitalfunk für den MANV der Vergangenheit angehören, ist noch nicht klar. Zumindest in großen Katastrophen muss weiterhin mit dem Ausfall des Digitalfunknetzes gerechnet werden, wie das Hochwasser im Ahrtal im Sommer 2021 zeigt (Kuhn, 2021).

### 5.2.5 Zuordnung der Aufgaben zu räumlichen Strukturen

Nachfolgend werden die Aufgaben den räumlichen Strukturen (siehe Abschnitt 4.1.3) zugeordnet. Dabei werden zur Vereinfachung der BHP und die Ladezone sowie der BSR und der RMHP zusammengefasst. Die Zuordnung kann in Verbindung mit den Erläuterungen in Abschnitt 4.1.4 bei der Entscheidung helfen, ob mobile oder stationäre Systeme zweckmäßig sind. Für die VEL ergibt sich die Tabelle 6. Ein BHP existiert zum Zeitpunkt des Tätigwerdens der VEL noch nicht.

<b>Einsatzleitung – Vorläufige Einsatzleitung</b>	SG	PA	BHP	BSR
A0.1 Lagefeststellung und -meldung	x			
A0.2 Einweisung / Aufgabenverteilung Fahrzeuge	x	x		
A0.3 Anordnung Vorsichtung	x	(x)		
A0.4 Raumordnung	x	x		x

Tabelle 6: Zuordnung der Aufgaben der VEL zu den räumlichen Strukturen.

Die Aufgaben des OrgL sind in Tabelle 7 den räumlichen Strukturen zugeordnet. Viele Aufgaben können je nach Arbeitsweise vor Ort an der Struktur oder an einem beliebigen Ort durchgeführt werden. So kann beispielsweise die Auftragsvergabe an Einsatzkräfte (A1.4) durch direkte Gespräche oder ortsfern per Funk erfolgen. Einige Aufgaben sind auch komplett unabhängig von den räumlichen Strukturen des MANV. Für Aufgaben, die an einem beliebigen Ort bearbeitet werden können, steht die zusätzliche Spalte „ohne“. Sie können beispielsweise im ELW erledigt werden.

<b>Einsatzleitung - OrgL</b>	SG	PA	BHP	BSR	ohne
A1.1 Lagefeststellung	x	x			
A1.2 Festlegung EA					x
A1.3 Einrichtung von Strukturen		x	x	x	x
A1.4 Leitung Einsatzkräfte	x	x	x	x	x
A1.5 Abfrage Ressourcen					x
A1.6 Organisation Registrierung Einsatzmittel				x	x
A1.7 Organisation Registrierung Verletzte		x	x		x
A1.8 Organisation Behandlung und interne Transporte	x	x	x		
A1.9 Organisation Transporte	x	x	x	x	x
A1.10 Kommunikationsstrukturen			(x)	(x)	x
A1.11 Zusammenarbeit der Organisationen					x
A1.12 Abfrage Krankenhauskapazitäten					x
A1.13 Führung Übersichten		x	x	x	x
A1.14 Logistik		x	x	x	x
A1.15 Dokumentation des Einsatzes	x	x	x	x	x

Tabelle 7: Zuordnung der Aufgaben des OrgL (Einsatzleitung) zu den räumlichen Strukturen.

Die Aufgaben des LNA sind in Tabelle 8 zu finden. Im Gegensatz zum OrgL können die meisten Aufgaben nur eingeschränkt ortsfrem erledigt werden.

<b>Einsatzleitung - LNA</b>	SG	PA	BHP	BSR	ohne
A2.1 Feststellung medizinische Lage	x	x	x		
A2.2 Schwerpunkte medizinischer Einsatz		x	x		(x)
A2.3 Klärung benötigter Mittel		x	x		(x)
A2.4 Führung der medizinischen Einsatzkräfte	x	x	x		x
A2.5 Durchführung / Anordnung Sichtung		x	x		(x)
A2.6 Bestimmung Priorität Behandlung	x	x	x		(x)
A2.7 Festlegung Art medizinischer Behandlung	x	x	x		
A2.8 Festlegung Transportmittel und -ziel		x	x		(x)
A2.9 Dokumentation medizinischer Maßnahmen	x	x	x		x

Tabelle 8: Zuordnung der Aufgaben des LNA (Einsatzleitung) zu den räumlichen Strukturen.

Die Aufgaben der Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion bestehen im Wesentlichen aus der praktischen Arbeit und erfordern dementsprechend die Anwesenheit an der jeweiligen Struktur. Sie sind in Tabelle 9 den Strukturen zugeordnet.

<b>Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion</b>	SG	PA	BHP	BSR	ohne
A3.1 Anfahrt Einsatzort und Meldung Ankunft	x			x	
A3.2 Durchführung Vorsichtung	x	(x)			
A3.3 Durchführung Sichtung		x	x		
A3.4 Untersuchung und Behandlung	x	x	x		
A3.5 Transport am Einsatzort	x	x	x		
A3.6 Transport in ein Krankenhaus	(x)	x	x		
A3.7 Registrierung und Dokumentation			x		
A3.8 Aufbau von Strukturen		x	x	x	
A3.9 Struktur: Registrierung ankommende Fahrzeuge		(x)	x	x	
A3.10 Struktur: Registrierung eintreffende Verletzte		(x)	x		
A3.11 Struktur: Registrierung ausgehende Verletzte		x	x		
A3.12 Struktur: Schaffung des Überblicks		x	x		
A3.13 Logistische Aufgaben		x	x	x	

Tabelle 9: Zuordnung der Aufgaben der Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion zu den räumlichen Strukturen.

## 5.3 Automation

An dieser Stelle wird die Automation als zentrales Thema dieser Arbeit (siehe Abschnitt 1.3) genauer eingeführt. Anschließend wird das in Abschnitt 3.4.3 eingeführte Konzept der SA unter diesem Aspekt betrachtet. Beides dient der späteren Konzeption von Automationsformen für Aufgaben beim MANV (siehe Abschnitt 9).

### 5.3.1 Grundlagen zur Automation in Computersystemen

Unter Automation wird in dieser Arbeit allgemein verstanden, dass die Erledigung von Aufgaben vom Menschen zu einem Computersystem verlagert ist (grundsätzlich wäre auch ein anderes mechanisches System möglich). Die Gründe für Automatisierung sind vielfältig und reichen von einer etwaigen Personalkostenersparnis bis zur Unterstützung eines Arbeitenden, wobei in dieser Arbeit auf letzteres fokussiert wird.

Aus Sicht der Forschung zu Mensch-Computer-Interaktion kann es verschiedene Formen der Automation geben, die sich darin unterscheiden, wie viel Kontrolle der Mensch an das System abgibt. Da sich diese in einem Kontinuum zwischen manueller Kontrolle durch den Menschen und vollständiger Automation einordnen lassen, gibt es verschiedene Modelle für die Abgrenzung solcher Formen zueinander. Diese resultieren vor allem aus der Zuordnung von Teilaufgaben, wie dem Beobachten des Systemzustands, zum Menschen oder System. Historisch sind die meisten dieser Modelle im Kontext der Steuerung von Verkehrsmitteln entstanden. In einer frühen Arbeit

haben Sheridan und Verplank (1978) zehn Stufen der Automation in Bezug auf die Fernbedienung von Unterwasserfahrzeugen beschrieben, wobei der Computer alle Aktionen final umsetzt. Die Stufen, die durch Variationen verfeinert werden können, sind nachfolgend zusammengefasst:

1. Der Mensch muss Aktion selbst bestimmen, entscheiden und starten,
2. der Computer hilft bei Bestimmung der Optionen, der Mensch entscheidet und startet,
3. der Computer bestimmt Optionen und schlägt eine vor, Mensch entscheidet und startet,
4. der Computer bestimmt Aktion und schlägt vor, der Mensch stimmt zu und startet,
5. der Computer wählt Aktion, der Mensch bestätigt lediglich den Start,
6. der Computer wählt Aktion, der Mensch kann Start in einer Zeitspanne verhindern,
7. der Computer erledigt Aufgabe komplett und informiert den Menschen,
8. der Computer erledigt Aufgabe komplett und informiert den Menschen auf Nachfrage,
9. der Computer erledigt Aufgabe und entscheidet, ob er den Menschen informiert,
10. der Computer erledigt Aufgabe komplett nach eigener Entscheidungsschleife und entscheidet, ob er den Menschen informiert.

Ein zehnstufiges Modell lässt sich auch bei Kaber und Endsley (2004) finden, wobei Endsley bereits 1987 ein fünfstufiges (hier nicht gezeigtes) Modell aufgestellt hat, das als Vorarbeit gesehen werden kann. Sie geben zu jeder Stufe an, welche Prozessschritte der Mensch (M) und der Computer (C) erledigen. Als Prozessschritte definieren sie

1. die „Überwachung“ („*monitoring*“), beinhaltend die Erfassung aller für den Systemstatus relevanten Informationen,
2. die „Planung“ („*generating*“) als Formulierung von „*options or task strategies for achieving goals*“,
3. die „Entscheidung“ („*selecting*“) als Auswahl einer Option oder Strategie und
4. die „Ausführung“ („*implementing*“), wobei diese explizit als „*control actions at an interface*“ beschrieben wird (Kaber & Endsley, 2004).

Die genannten Prozessschritte lassen sich mit den in Abschnitt 3.4.2 eingeführten Ebenen der SA und damit mit dem Konstrukt mentaler Modelle zusammenbringen. Die Überwachung geht mit der SA-Ebene der Wahrnehmung einher, die Planung und Entscheidung passen zu den SA-Ebenen des Verständnisses und der Projektion. Dementsprechend begünstigt eine hohe SA ein gutes Ergebnis, wenn der Mensch den Prozessschritt komplett oder teilweise ausführt. Die Stufen des Modells mit Zuordnung zu den Prozessschritten sind in Tabelle 10 zu finden.

Überwachung	Planung	Entscheidung	Ausführung
-------------	---------	--------------	------------

• Manuelle Kontrolle	M	M	M	M
• Unterstützung bei der Ausführung	M+C	M	M	M+C
• Übergabe der Ausführung an den Computer	M+C	M	M	C
• Geteilte Steuerung	M+C	M+C	M	M+C
• Unterstützung bei der Entscheidung	M+C	M+C	M	C
• Gemischte Entscheidungsfindung	M+C	M+C	M+C	C
• Starres System	M+C	C	M	C
• Automatische Entscheidungsfindung	M+C	M+C	C	C
• Überwachung der Steuerung	M+C	C	C	C
• Volle Automation	C	C	C	C

Tabelle 10: 10-Stufen-Modell für die Automation von Kaber und Endsley (2004), hier übersetzt in das Deutsche. Das M steht für den Menschen, C für den Computer (System).

In der Luftfahrt ist seit vielen Jahren ein hoher Anteil an Automaten festzustellen. Für diesen Kontext hat Billings 1997 im Rahmen der menschenzentrierten Betrachtung ein Modell mit sieben Stufen der Automation beschrieben. Diese werden nachfolgend mit einer von Billings abgeleiteten, aber generalisierten Beschreibung aufgeführt:

- *Direkte manuelle Kontrolle durch den Menschen:* Die Automation ist beschränkt auf Warnungen und Alarmer. Die Entscheidungsfindung liegt komplett beim Menschen.
- *Assistierte manuelle Kontrolle:* Der Mensch behält die Kontrolle und steuert manuell, er wird durch Hilfsmittel und geeignete Anzeigesysteme unterstützt.
- *Gemeinsame Kontrolle:* Der Mensch steuert manuell, das System kann aber beispielsweise kritische Situationen verhindern und Beratungsfunktionen wahrnehmen.
- *Delegierte Steuerung:* Der Mensch gibt das Ziel vor und übergibt die Steuerung in einem gewählten Grad an das System.
- *Bestätigte Steuerung:* Das System erledigt die Steuerung. Der Mensch muss Änderungen zustimmen und kann diese selbst initiieren oder die Steuerung übernehmen.
- *Steuerung im Ausnahmefall:* Das System erledigt die Steuerung und zeigt dem Menschen Änderungen an. Dieser kann durch Reduzierung der Stufe intervenieren.
- *Autonomer Betrieb:* Das System hat die volle Kontrolle, legt die Ziele fest und arbeitet autonom. Eine Intervention durch den Menschen ist lediglich im Fehlerfall vorgesehen.

Weitere Modelle sind gängig, so verwendet die National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) zur Klassifizierung von Kraftfahrzeugen ein Modell mit sechs Stufen (2017):

- *Keine Automation:* Der Fahrer übernimmt alle Fahraufgaben.
- *Fahrerassistenz:* Der Fahrer kontrolliert. Das Fahrzeug bietet Assistenzfunktionen.
- *Teilautomation:* Das Fahrzeug übernimmt automatisierte, kombinierte Funktionen wie Beschleunigung und Lenken. Der Fahrer muss jederzeit aktiv im Fahrprozess bleiben.
- *Bedingte Automation:* Das Fahrzeug fährt autonom. Der Fahrer muss darauf eingestellt sein, in allen Situationen die Kontrolle übernehmen zu können.
- *Hohe Automation:* Das Fahrzeug kann unter bestimmten Bedingungen alle Fahraufgaben übernehmen. Es darf (muss jedoch nicht) die Möglichkeit geben, dass der Fahrer die Kontrolle übernehmen kann.
- *Vollautomation:* Das Fahrzeug kann in allen Situationen alle Fahraufgaben übernehmen. Es darf (muss jedoch nicht) die Möglichkeit geben, dass der Fahrer die Kontrolle übernehmen kann.

In Tabelle 11 werden die unterschiedlichen aufgeführten Modelle zusammengeführt und damit in einen gemeinsamen Zusammenhang gebracht.

Zusammengefasst bilden alle Modelle jeweils ein Spektrum zwischen manueller Kontrolle und voller Automation ab. Trotzdem lassen sie sich aufgrund unterschiedlich definierter Stufen nicht komplett aufeinander beziehen. Etwa kann das Modell von Sheridan und Verplank (1978) so verstanden werden, dass der Computer immer die Ausführung übernimmt, so dass es die ersten beiden Stufen der manuellen Kontrolle und auch der Ausführungsunterstützung, die sich in den drei anderen Modellen wiederfinden lassen, nicht gibt. Dafür hat das Modell mehr Stufen mit hohen Stufen der Automation. Das Modell der National Highway Traffic Safety Administration (2017) ist in Bezug auf die Stufen unterhalb der hohen Automationsgrade sehr ungenau. Sowohl das Modell von Billings (1997), als auch das von Kaber und Endsley (2004) reichen von manueller Kontrolle bis zur vollen Automation und haben relativ gleichmäßig verteilte Stufen, letzteres jedoch drei mehr. Während das Modell von Billings (1997) als Kontinuum betrachtet werden kann, in dem sich ein Wechsel durch alle Stufen hindurch realisieren ließe, weist das Modell von Kaber und Endsley (2004) vor allem mit der Stufe des „Starren Systems“ einen Bruch auf, da dieses in Teilen den Automationsgrad der vorherigen Stufe zurücknimmt. In die Modelle lässt sich die Assistenz, wie in Kapitel 1 eingeführt, in den niedrigen Stufen einordnen. Teilweise passiert das auch begrifflich, etwa in Form der „Fahrerassistenz“ bei der NHTSA.

Sheridan & Kaber & Billings NHTSA  
Verplank Endsley

• Manuelle Kontrolle		1		1
• Manuell + Alarme und Warnungen			1	
• Manuell + Ausführungsunterstützung / Assistenz		2	2	z.T. 2
• Delegation der Ausführung an System	1	3	4	z.T. 2
• Geteilte Steuerung	2	4	3	z.T. 2
• Unterstützung bei der Entscheidung	3	5		
• Gemischte Entscheidungsfindung	4	6		
• System plant, Mensch entscheidet		7		
• Computer und Mensch planen gemeinsam, Computer entscheidet		8		
• Computer steuert, Mensch bestätigt	5		5	
• Computer steuert, Mensch kann ablehnen	6			3
• Computer steuert und informiert	7	9	6	
• Computer steuert, Mensch kann sich informieren	8			
• Computer steuert und kann Menschen informieren	9	10	7	4
• Computer steuert auf eigene Zustimmung, kann Menschen informieren	10			5

Tabelle 11: Zusammenführung und Vergleich der in dieser Arbeit betrachteten Modelle für Stufen der Automation

In Bezug auf die Betrachtung von Teilautomation ist die Einführung des Konzepts der „Supervisory Control“ sinnvoll. Dieses ist eine Analogie zu Führungsstrukturen in Unternehmen, wobei die Rolle des Vorgesetzten auf den Menschen in der Teilautomation übertragen wird (Sheridan, Charny, Mendel & Roseborough, 1988; Sheridan, 1992). Eine Definition lautet: „*Strictly supervisory control means one or more human operators are setting initial conditions for, intermittently adjusting, and receiving information from a computer that itself closes a control loop through artificial sensors and effectors*“ (Sheridan et al., 1988). Im Wesentlichen übergibt der Mensch dem Computer also eine Aufgabe, die dieser allein löst. Der Mensch kann überwachend tätig werden und bei Bedarf Einfluss nehmen oder abbrechen. Es gibt dabei also eine Vollautomation auf niedriger Ebene, von Sheridan et al. (1988) „*low level automatic control*“ genannt. Für die übergeordnete, allgemeinere Entscheidungsfindung ist der Mensch zuständig. Er benötigt das passende mentale Modell, kann aber vom Computer unterstützt werden (Sheridan, 1992). Die Bezeichnung wird oft auch weniger strikt verwendet, sodass der Computer selbst eventuell keinen geschlossenen Kreislauf mehr bildet (Sheridan et al., 1988). Supervisory Control lässt sich begrenzt auf den MANV beziehen. Eine Zuordnung zur allgemeinen Führungsstruktur wäre falsch, da der Computer die in Abschnitt 5.2.3 genannten Aufgaben der (untergeordneten) Einsatzkräfte wie etwa die Behandlung von Verletzten nicht übernehmen kann beziehungsweise eine solche

Betrachtung in dieser Arbeit nicht erfolgt (siehe Kapitel 1). Im Sinne einer Supervisory Control wäre somit nur der Einsatz von Computersystemen anstelle von nachgeordneten Führungskräften oder Personal zur Unterstützungspersonal denkbar.

### 5.3.2 Eignung von Aufgaben für die Automatisierung

Bevor Aufgaben automatisiert werden, sollten Vorteile und Nachteile abgewogen werden. Eine einfache technikzentrierte Arbeitsweise für Automatisierung ist das „Left-Over“-Prinzip, bei dem alle Aufgaben automatisiert werden, soweit das im Rahmen eines festgelegten Aufwands möglich ist (z.B. Hollnagel, 2003). Der Mensch muss dann erledigen, was übrigbleibt. Der Ansatz ist zwar einfach umzusetzen, betrachtet aber den Menschen nur als Lückenfüller und geht nicht auf dessen Anforderungen ein. Fitts schlug bereits 1951 vor, Kriterien zu finden, die der Mensch oder die Maschine (hier: Computer) aufgrund objektiver Eigenschaften besser erfüllen kann und dann die Aufgaben entsprechend zu gruppieren. Dieser Ansatz wird oft prägnant als „Human are better at – Machines are better at“ („HABA-MABA“) oder auch „Men are better at – Machines are better at“ („MABA-MABA“, etwa bei Dekker & Woods, 2002) bezeichnet. So werden von Fitts (1951) etwa Routine-Tasks und die schnelle Antwort auf Eingaben der Maschine zugeordnet, die Bewertung und Improvisation dem Menschen. Den Ansatz der Aufteilung nach Fähigkeiten haben auch weitere Autoren verfolgt (z.B. Hoyos, 1990). Dieser strikte Ansatz wird unter anderem von Dekker und Woods (2002) kritisiert. Sie argumentieren, dass es viel mehr darum gehe, zu klären, wie Mensch und Maschine zusammenarbeiten können. Dass die isolierte Betrachtung des Automatisierungspotentials von Aufgaben nicht zwangsläufig sinnvoll ist, zeigt sich, wenn mehrere parallel liegende Aufgaben betrachtet werden. Dieser Fall liegt auch beim MANV regelmäßig vor, wie die Vielzahl an teils gleichzeitig zu bewältigenden Aufgaben in Kapitel 5 aufzeigt. Bei Betrachtung des Gesamtkonstrukts aus Mensch und Maschine sollten Anforderungen und kognitive Eigenschaften berücksichtigt werden im Sinne eines menschenzentrierten Gestaltungsprozesses. Dies wird in Abschnitt 5.3.5 weiter betrachtet.

### 5.3.3 Verstellbare und adaptive Automation

Ansätze für Automation können in verschiedener Weise umgesetzt werden. Im einfachsten Fall wird genau eine Stufe unterstützt. In vielen Fällen reicht das allerdings nicht aus; oft ist ein Stufenwechsel gewünscht oder erforderlich.

Für einen Wechsel der Stufe der Automation lassen sich unterschiedliche Ansätze ableiten:

- *Situationsbezogen:* Herczeg (2014) stellt am Beispiel eines Kraftfahrzeugs für jede der Stufen des Modells von Billings ein System vor, das diese umsetzt. So nennt er beispielsweise die Servolenkung als unterstützte manuelle Steuerung, ABS für die gemeinsame Steuerung, das Einschalten des Tempomaten als delegierte Steuerung und das Übergeben an ein Parksystem als vollautomatische Steuerung. Die meisten dieser Stufen (mit Ausnahme der Servolenkung) sind auf eine Situation angepasst. Dementsprechend erfolgt der Wechsel zwischen den Stufen situationsbezogen durch das System (z.B. ABS) oder den Fahrer (z.B. Tempomat).
- *Aufgabenbezogen:* Der Automationsgrad wird für unterschiedliche Aufgaben betrachtet. So nennt Billings (1997) die Sprachkommunikation mit der Flugverkehrskontrolle als direkte manuelle Kontrolle gegenüber der automatischen Kommunikation, die er als delegierte Steuerung einordnet. Bei diesem Ansatz ist ein Wechsel der Automationsstufe speziell bezogen auf eine Teilaufgabe möglich.

Die Stufe der Automation wird oft einfach auf das Gesamtsystem ohne Betrachtung der Situation bezogen. Gerade im aktuell vieldiskutierten Feld der Automatisierung von Kraftfahrzeugen wird der Begriff der Vollautomation üblicherweise für ein Fahrzeug genutzt, das in allen Situationen alle Aufgaben selbst durchführt.

Manchmal kann es sinnvoll sein, wenn sowohl der Mensch als auch die Maschine die gleiche Aufgabe bearbeiten können, so dass je nach Situation einer der Akteure sie übernimmt – etwa, wenn viele Aufgaben zeitgleich anfallen. Während im Konzept der „Adaptiven Automation“ (Scerbo, 1996) beide Akteure die Stufe der Automation ändern und damit Aufgaben dem jeweils anderen Akteur zuweisen können, schlagen Miller und Parasuraman (2007) vor, dass der Mensch Aufgaben an die Maschine delegieren können sollte, da das der Delegation von Aufgaben zwischen zwei Menschen nahekomme. Diese Art der Automation lässt sich auch im Modell von Billings (1997) in Form der „Delegierten Steuerung“ wiederfinden.

### 5.3.4 Regelbasierte Systeme und Künstliche Intelligenz

Wird von Automation, gerade in höheren Stufen, gesprochen, dann ist die Betrachtung des Begriffs der „Künstlichen Intelligenz“ (KI) naheliegend – schließlich kann ein System, das autonom arbeitet und damit Aufgaben vom Menschen übernimmt, als intelligent erscheinen.

Es gibt verschiedene Definitionen für KI. Eine davon definiert KI als die Forschung, wie Computer Dinge erledigen können, die Menschen zum aktuellen Zeitpunkt besser machen (Rich, Knight & Nair, 2009). Eine Problematik dieser Definition ist die Abhängigkeit vom Stand der Technik, sodass sich mit der Zeit ändert, was unter KI verstanden wird. Das haben die Autoren

selbst erkennt und erklären, dass die Forschung zur KI noch nicht so weit sei, dass eine treffende Definition gefunden werden könne. Gängig ist auch die Unterteilung in „starke“ und „schwache“ KI. Dabei soll die „starke“ KI die intellektuellen Fähigkeiten des Menschen nachbilden oder übertreffen, während die „schwache“ aufgabenbezogen ist (Hecker et al., 2017).

Grundsätzlich lassen sich bei der Automation verschiedene Ansätze unterscheiden, wie diese ausgestaltet werden soll. Der klassische Ansatz ist, dass der Mensch alle Regeln festlegt, nach denen eine Automatik handelt. Die Regeln können prinzipiell vorab bei der Programmierung implementiert oder nachträglich über eine Benutzungsoberfläche angelegt werden, auch eine Priorisierung ist möglich. Ein anderer Ansatz ist es, ein lernendes System zu entwickeln. Dieses kann entweder vorab mit Trainingsdaten lernen, sodass bei der Auslieferung nicht mehr veränderliche Regeln vorliegen, oder auch im laufenden Betrieb. Alle Ansätze haben Vor- und Nachteile. So ist ein vom Menschen mit Regeln versehenes System deterministisch. Ein fertig erlerntes System kann bezüglich des Stands getestet und zertifiziert werden, wobei es bei hoher Komplexität selten perfekt sein wird. Ein im Betrieb lernendes System bringt Unwägbarkeiten mit sich, wird aber durch das weitere Lernen potenziell besser in Bezug auf die Zielerreichung. Welche dieser Systeme als Implementierung von KI verstanden werden, hängt von der gewählten Definition ab, zumindest fallen aber die lernenden Systeme darunter. Für diese Arbeit wird eine strikte Definition der KI gewählt, sodass der Begriff für lernende und damit regelmäßig nicht deterministische Systeme steht.

### 5.3.5 Situation Awareness (SA) und Automation

Die Automatisierung von Aufgaben wird im Allgemeinen wahrnehmbare Effekte für den Benutzer mit sich bringen. Daher müssen in diesem Zusammenhang die mentalen Modelle und insbesondere die SA betrachtet werden. Die Einführung der Begriffe in Abschnitt 3.4 wird daher mittels des in Abbildung 18 gezeigten, im Vergleich zu Abbildung 7 deutlich detaillierteren Modells von Endsley (1995) erweitert. Das neu eingeführte Modell beinhaltet die bereits erläuterten SA-Level. Es verdeutlicht, dass diese zur Entscheidung und daraus resultierenden Durchführung von Aktionen führen, die wiederum die Umgebung beeinflussen. Damit lässt sich im neu eingeführten Modell der komplette Führungsvorgangs mit den in Abbildung 4 genannten Phasen wiederfinden. Auch die individuellen Faktoren, im einfachen Modell in Abbildung 7 als „mentales Modell“ zusammengefasst, sind genauer spezifiziert. Insbesondere wird verdeutlicht, dass sich neben den Fähigkeiten Erfahrung und Training auswirken und neben der Speicherung im Gedächtnis auch zur Bildung von Automatismen beim Benutzer führen können. Hinzugekommen sind des Weiteren Aufgaben- und Systemfaktoren, die sich auf die SA, die Entscheidungsfindung und die Ausführung auswirken. Dazu gehören in Bezug auf die Aufgaben Stress, Arbeitsbelastung und

Komplexität und in Bezug auf das System die Leistung, das Interface Design und auch explizit Automation.

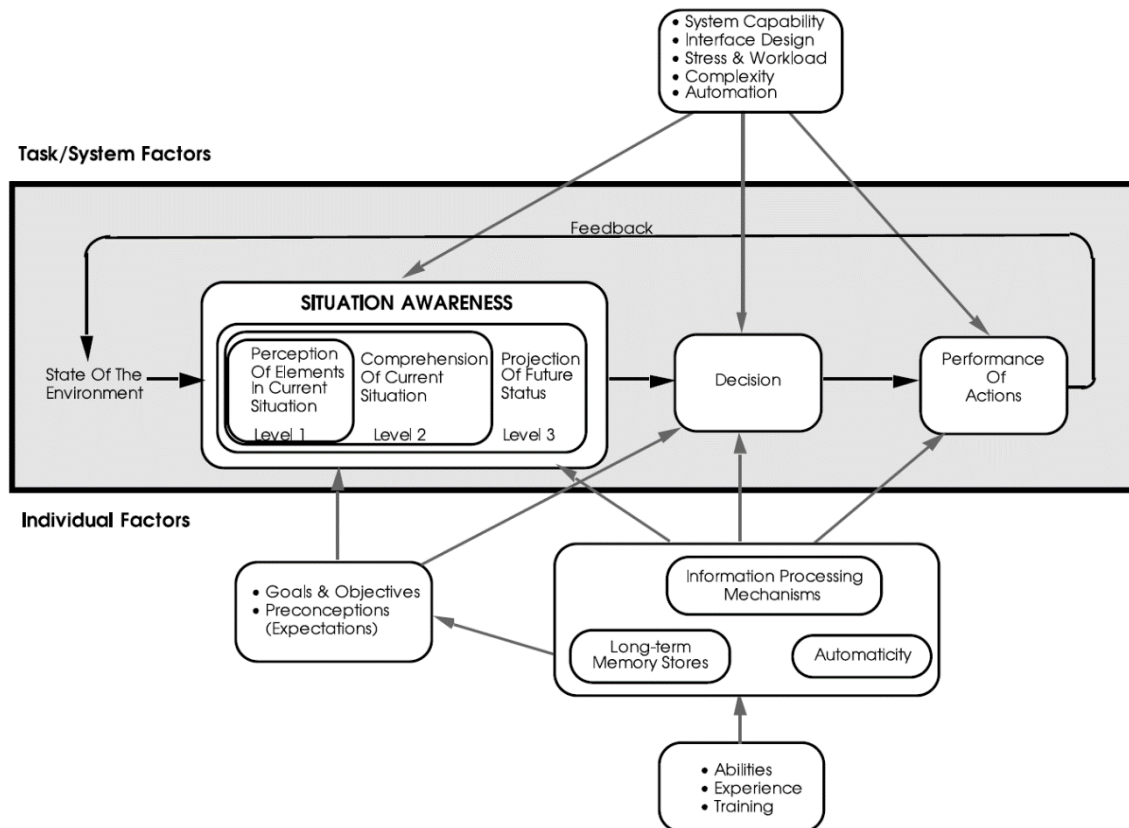


Abbildung 18: Erweitertes Modell zur Situation Awareness von Endsley (1995).

Die Zusammenhänge sind für diese Arbeit wichtig, da sie den Einfluss von Automation in der Systembenutzung verdeutlichen. Problematisch kann also einerseits eine schlechte Systemgestaltung in Bezug auf die Automation sein, andererseits aber auch, wenn Benutzer eine Aufgabe selten und im Extremfall gar nicht ausführen, da sie automatisiert worden ist. Während im erstgenannten Fall systemseitig vor allem die Bildung einer adäquaten SA für die Situation zu einem (eventuell kritischen) Zeitpunkt erschwert wird, führt der andere Fall benutzerseitig durch fehlendes Training und wenig Erfahrung zu einem unpassenden mentalen Modell und dadurch zu einer nicht ausreichenden SA.

Beide genannten Faktoren, im ungünstigen Fall kombiniert, stellen vor allem dann ein Problem dar, wenn der Benutzer eine Aufgabe im Notfall oder aus anderen Gründen selbst übernehmen muss, was regelmäßig im Ausnahmebetrieb eintreten kann. So stellte das Office of Inspector General for the Department of Transportation für die Luftfahrt fest: *“Several recent accidents, including the July 2013 crash of Asiana Airlines flight 214, have shown that pilots who typically fly with automation can make errors when confronted with an unexpected event or transitioning to manual flying”* (Hampton, 2016). Die Erkenntnis ist keinesfalls neu, sondern bereits seit vielen Jahren

etwa von Endsley (1996) beschrieben. Weitergehend lässt sie sich auf die Ironien der Automation von Bainbridge (1983) zurückführen. Zu diesen gehört die These, dass der Benutzer eines Systems oft mit einer willkürlichen Sammlung von Aufgaben zurückgelassen werde, ohne ihn dabei ausreichend zu unterstützen. Insbesondere müsse er die Kontrolle übernehmen, wenn das System nicht korrekt funktioniere, wobei es ihm durch dasselbe an Erfahrung in einfacheren Situationen fehle. Hinzu käme, dass Menschen ohnehin nicht gut mit zeitkritischen Problemstellungen umgehen könnten (Bainbridge, 1983).

Für SA sind in Bezug auf die Automatisierung verschiedene Faktoren zu bedenken. So ist der Benutzer erst in der Lage, eine SA herzustellen, wenn er das Vorgehen und die Konsequenzen der Automaten versteht. Es wird davon gesprochen, dass er „in the loop“ sein müsse. So haben Wiener und Curry bereits 1980 mit Verweis auf Sinaiko (1972) die *"man-in-the-loop-question"* beschrieben, bei der *"the designer must ask to what extent the human should be included in the control loop at all"*. Auch Ephrath und Young (1981) verwendeten den Begriff, um zwischen Benutzern in einer aktiven Kontrollrolle (*"man-in-the-loop"*) und einer Überwachungsrolle (*"monitoring"*) bezogen auf Automaten zu unterscheiden. Sie stellten des Weiteren fest, dass Benutzer mit über längere Zeit fehlender aktiver Kontrollrolle gegebenenfalls nicht mehr in der Lage seien, kritische Systemzustände festzustellen oder in Echtzeit, wie in Kapitel 1 dieser Arbeit definiert, adäquat zu reagieren (Ephrath & Young, 1981). Noch prägnanter beschreiben Endsley und Kiris (1995) das *"out-of-the-loop performance problem"* als *"major potential consequence of automation, [that] leaves operators of automated systems handicapped in their ability to take over manual operations in the event of automation failure."* In Bezug auf das SA-Modell in Abbildung 18 muss ein Benutzer also weiterhin den Umgebungsstatus wahrnehmen können, das Vorgehensmodell der Automation verstehen und die Auswirkungen davon erkennen und bewerten können. In diesem Zusammenhang lassen sich auch Prinzipien von Billings (1996) einordnen, die sich von der Luftfahrt auf andere Prozessführungssysteme übertragen lassen. Dazu gehört in Bezug auf die SA, dass der Benutzer jederzeit involviert ist, über die Aktionen und die Intentionen der Automaten informiert sein muss und auch, dass die Automation verständlich und vorhersagbar ist. Eine KI-basierte Automation im Sinne von 5.3.4 ist regelmäßig nicht oder nicht komplett vorhersagbar und widerspricht damit diesen Richtlinien. Der Einsatz muss also wohlüberlegt sein und kann insbesondere im sicherheitskritischen Kontext bis auf Weiteres ausgeschlossen werden. Entsprechend wird für diese Arbeit der Ansatz einer regelbasierten Automation verfolgt. Ferner kommt einerseits der verständlichen beziehungsweise transparenten Automation, und andererseits der Visualisierung derselben eine besondere Bedeutung zu.

In Bezug auf die Involviertheit ist eine Voraussetzung für die SA, dass der Benutzer sich trotz Automaten weiterhin mit der Aufgabe beschäftigt und sich nicht von dieser abwendet. Damit

verbunden sollte die Visualisierung so gestaltet werden, dass er den Prozesszustand auf einen Blick sieht. In Bezug auf unterschiedliche Formen der Automation hat Airbus im Rahmen der „Flight Operations Briefing Notes“ goldene Regeln aufgestellt, von denen eine besagt, dass die richtige Stufe der Automation genutzt werden sollte. Diese sei diejenige, „*the pilot feels the most comfortable with, depending on his/her knowledge and experience of the aircraft and systems, skills and confidence*“ (Airbus, 2005). Weiter wird dort ausgeführt, dass je nach Situation auch die manuelle Steuerung die richtige Stufe sein könne. Im Allgemeinen lässt sich die Stufe der Vollautomation ausschließen, wenn der Benutzer eine adäquate SA erlangen soll (Endsley & Kiris, 1995).

Ein anderer Ansatz ist die Einführung einer kooperativen Automation, bei welcher der Benutzer und die Automaten gleichzeitig an einem Ziel arbeiten und dafür die jeweiligen Strategien aneinander anpassen (Flemisch et al., 2008; Löper, 2019). Dieser Ansatz ist für den Menschen recht anspruchsvoll, da er neben dem immer nötigen mentalen Modell des Prozesses (siehe Abschnitt 3.4.1) ein sehr ausgeprägtes mentales Modell der Automation aufbauen muss (Löper, 2019). Umgekehrt benötigen auch Automaten ein (technisches) Modell des Benutzers.

Zusammengefasst muss der umgesetzte Grad der Automation wohlüberlegt sein, falls es weiterhin einen Benutzer geben soll, der in bestimmten Situationen Entscheidungen treffen muss. Ein hoher Automationsgrad kann eventuell dazu führen, dass der Mensch die Vorgänge nicht mehr versteht und kein passendes mentales Modell beziehungsweise keine passende SA entwickeln kann. Ein Ausfall des Systems kann dann nicht kompensiert werden. Andererseits ermöglicht ein hoher Automationsgrad, dass ein System komplexe Aufgaben übernehmen kann. Die Konzeption der Automatisierung in einem Computersystem für den MANV erfolgt in Kapitel 9.

# 6 Analysefazit und Problemstellung

In diesem Kapitel werden aus den Analysen Problemfelder abgeleitet, die aufgrund der aktuellen Organisation, der Aufgaben oder der Arbeitsmittel entstehen und deren Lösung den Ablauf des MANVs und die Zielerreichung (siehe Kapitel 5) verbessern könnte. Die Erkenntnisse fließen in die Konzeption und Realisierung des Systems ein. Das Hauptproblem beim MANV, die Ressourcenknappheit durch eine für die Größe des Ereignisses nicht ausreichende Vorhaltung an Rettungsdienst (siehe Abschnitt 1.1), wird nicht betrachtet, da es dafür keine praktikable finanzierbare Lösung gibt: Eine Erhöhung der Vorhaltung würde lediglich die Schwelle für einen problematischen MANV erhöhen und damit die Problemfelder nicht beseitigen.

## 6.1 Problemfelder und Herausforderungen beim MANV

Nachfolgend werden die wichtigsten Problemfelder beschrieben und – soweit möglich – in den für den MANV typischen zeitlichen Ablauf, wie in Abschnitt 4.2.2 beschrieben, eingeordnet. Diese bilden die Grundlage für Überlegungen zur Automatisierung:

- **P1: Die Bildung der VEL durch ersteintreffendes Personal:** Diese Zeit kann mehr als 20 Minuten betragen, wie in Abschnitt 4.2.2 festgestellt. Da die Einsatzkräfte keine Führungsausbildung haben, sind die in Abschnitt 5.2.1 beschriebenen Aufgaben besonders herausfordernd. Die Entscheidungen dieser ersten Phase, der Chaosphase, sind allerdings besonders entscheidend für den weiteren Verlauf.
- **P2: Der Übergang zwischen VEL und ELRD:** Da viele dringende Aufgaben zu erledigen sind, muss die Übergabe möglichst kurz und gleichzeitig umfassend erledigt werden. Auch bei guter Übergabe ist mit einem Informations- und Zeitverlust zu rechnen.
- **P3: Der Ad-hoc-Aufbau der Führungsstruktur:** Sowohl der Aufbau selbst, oft mit initial unklaren Ressourcen, als auch die Kommunikation der Struktur, sind komplex. Das Potential der zur Verfügung stehenden Kräfte sollte möglichst korrekt eingeschätzt werden, damit eine effektive Aufgabenbearbeitung möglich wird.
- **P4: Die Vielzahl an Helfern in Reorganisations- und Räumungsphase:** Nach dem anfänglichen und unumgänglichen Ressourcenmangel tritt beim MANV oft ein „*Massenanfall von Helfern*“ ein, wie etwa Ohlhoff (1999) für den Eisenbahnunfall von Eschede beschreibt. In vielen Fällen fahren auch nicht alarmierte Einheiten und Rettungskräfte zum Einsatzort. So spricht der LNA des Eisenbahnunfalls von Eschede, Ewald Hüls, in einem Interview mit Schütz (2018) von „*vielen*“ solchen Rettungskräften und

mutmaßt: „das dürfte angesichts Social Media, Facebook, Twitter usw. heute noch viel schneller gehen“. Er sieht als Problem, „dass unangemeldete und nicht instruierte Einsatzkräfte taktisch nicht zu führen sind und damit durchaus geeignet sind, das schon angesprochene Chaos an der Einsatzstelle zu vergrößern“ und meint, dass die Einsatzleitung darauf adäquat reagieren müsse.

- **P5: Die Komplexität durch Einsatzstrukturen:** Während etwa ein BSR verhindert, dass an der Einsatzstelle Chaos durch zu viele Fahrzeuge entsteht oder kein Durchkommen mehr möglich ist, bringt er erhöhten Aufwand mit sich: Die Komplexität der Führungsstruktur und der Kommunikationsaufwand steigen und er bindet Ressourcen. Im günstigen Fall werden benötigte Fahrzeuge zielgerichtet abgerufen, im ungünstigen Fall warten am Einsatzort benötigte Fahrzeuge dort über längere Zeit ohne Aufgabe.
- **P6: Die Vielzahl an gleichzeitig zu erledigenden oder bedenkenden Aufgaben:** Wie aus Abschnitt 5.2 abzuleiten, sind verschiedene Aufgaben gleichzeitig zu erledigen oder – falls abgegeben – zumindest zu kontrollieren und zu bedenken. Während die VEL in der Chaosphase klare Aufgaben hat und sich mit Checklisten behelfen kann (siehe Abschnitt 5.2.4), müssen die späteren Einsatzphasen situationsangepasst bewältigt werden. Die Menge an Aufgaben kann dazu führen, dass diese nicht adäquat und effektiv erledigt werden oder nicht genügend durchdacht werden, auch wenn sie einzeln betrachtet unproblematisch wären. Damit lässt sich der in Abschnitt 5.3.5 genannte Ansatz der kooperativen Automation für diese Arbeit ausschließen.

## 6.2 Einfluss der Dimension des MANV

Insbesondere größere MANV sind komplex, wobei die Konstrukte der Versorgungsstufe und der MANV-Stufen (siehe Abschnitt 1.1) zur Einordnung herangezogen werden können. In den geführten Interviews sagten die OrgL übereinstimmend, dass MANV mit geringen Verletztzahlen gut bewältigt werden können:

- „Wenn man zum Verkehrsunfall mit vier Verletzten dazu kommt und es sind vier Rettungswagen da, dann hat man als Organisatorischer Leiter nicht so wahnsinnig viel zu tun“ (OrgL1).
- „Bei 5, 6, 7 Patienten muss ich nicht groß Formulare ausfüllen, [...] da kommen 5, 6 Rettungswagen und die muss ich nur organisatorisch führen“ (OrgL5).
- „Bei fünf, sechs Verletzten brauchen wir uns nicht unterhalten, das kriegt man hin. Und bei zehn kriegt man es auch noch hin, das kriege ich auch noch auf einen Zettel geschrieben, aber dann wird es irgendwann nachher kompliziert“ (OrgL3).

Die Verletztanzahlen der Zitate entsprechen MANV-Ereignissen der Stufen 0 und 1. Bei größeren MANV-Ereignissen sind alle Problemfelder betroffen, wie Beispiele zeigen:

- P1: Die Lageerkundung dauert tendenziell länger. Die Vorsichtung braucht mehr Zeit, gegebenenfalls müssen mehrere Teams beauftragt und koordiniert werden. Eine schnelle Raumordnung ist umso wichtiger, da mit vielen Fahrzeugen zu rechnen ist. Gleichzeitig benötigt der BSR mehr Platz und muss auf längere Zeit ausgelegt sein.
- P2: Höhere Komplexität verlängert die Übergabe der Informationen. Gegebenenfalls gibt es teilweise nur Zwischenstände, etwa wenn die Vorsichtung noch läuft.
- P3: Es werden mehr Führungskräfte benötigt, gegebenenfalls auch mehr Ebenen in der Führungshierarchie. Diese muss mehr Einsatzkräften bekannt gemacht werden.
- P4: Die benötigte Anzahl an Einsatzkräften für den Transport steigt linear. Führungsstrukturen und räumliche Strukturen (z.B. ein BHP) erfordern weitere Einsatzkräfte.
- P5: Die Zahl der räumlichen Strukturen steigt. Ab einer bestimmten Dimension müssen jeweils mehrere BSR und PAs und gegebenenfalls auch BHPs vorgesehen werden.
- P6: Zusätzliche Strukturen sorgen für zusätzliche Aufgaben. Ebenso wird die Transportorganisation komplexer und vielschichtiger (z.B. Krankenhausplätze).

Wie in Abschnitt 5.2.2 beschrieben, kann der OrgL einerseits auf ELWs mit Personal zur Führungsunterstützung zurückgreifen und andererseits Führungsstrukturen aufbauen und Aufgaben abgeben. Beides verstärkt allerdings Problemfeld P5. Für die Chaosphase und frühe Organisationsphase empfiehlt etwa Brüne (2016), einen „*Kräftestau im Bereitstellungsraum*“ zu vermeiden, indem mittels eines „*Gießkannenprinzips*“ an jeden Ort gleichmäßig Rettungsmittel entsendet werden. Diese Strategie ist schnell umzusetzen, führt aber in Hinblick auf die Effektivität zu einem beliebigen Ergebnis, da die Verletztenverteilung vor Ort nicht berücksichtigt wird.

### 6.3 Einfluss der fehlenden Routine und Erfahrung

Für einen MANV lässt sich aufgrund der Seltenheit und Unterschiedlichkeit potenzieller Ereignisse nur schwer Routine und Erfahrung aufbauen. Die Führungskräfte des Rettungsdienstes können das noch am ehesten tun, weil sie zu jedem MANV gerufen werden, sofern Sie im Dienst sind und dort dann jeweils die gleichen Aufgaben der Leitung zu erledigen haben. Zudem können sie sich auch am ehesten vorbereiten, da ihre Rolle speziell für diese Aufgabe geschaffen wurde. Die Führungskräfte des Sanitätsdienstes können zum Teil auf Erfahrungen aus Sanitätswachdiensten zurückgreifen, die sich aber nur begrenzt übertragen lassen (siehe Abschnitt 5.2.2).

Beim Personal ohne Führungsfunktion ist das Problem, dass dieses in aller Regel so selten zum MANV gerufen wird, dass es kaum Routine bilden kann. Verstärkend kommt hinzu, dass es je nach Eintreffzeit und Zuteilung eine andere Aufgabe erhält. So werden die entscheidenden Aufgaben, z.B. die Übernahme der VEL sowie die Vorsichtung beim MANV nur von einem oder einigen wenigen Teams übernommen, gleiches gilt auch bei Übungen (siehe Abschnitt 3.2.2). Diese Probleme wurden wissenschaftlich bereits in Form des Care&Prepare-Prinzips (siehe Abschnitte 1.4.1 und 3.2) sowie der Anwendungen für die Vorsichtung (u.a. Berndt, 2015) adressiert. In jedem Fall ist die Bildung einer adäquaten Situation Awareness (SA) deutlich erschwert und eventuell nicht ausreichend möglich (siehe Abschnitt 5.3.5).

Die fehlende Routine in Verbindung mit der SA der Einsatzkräfte und insbesondere der VEL und der ELRD verschärfen die Problemfelder P1 bis P6.

## Teil 2: Konzeption

Für die Untersuchung der Forschungsfragen dieser Arbeit (siehe Abschnitt 1.3) ist ein Computersystem für den MANV mit passenden Automaten notwendig. Der Fokus wird auf die Unterstützung der Führungskräfte gelegt, wobei die in Kapitel 6 zusammengefasste Problemstellung die Grundlage bildet.

Das System wird in diesem Teil der Arbeit konzipiert. Zur Einordnung wird zuerst der Stand der Technik in Form bestehender Systeme erläutert (siehe Kapitel 7), anschließend folgt die eigentliche Konzeption. Um Automation in verschiedenen Stufen entsprechend der in Abschnitt 1.3 aufgestellten Hypothesen untersuchen zu können, wird ein System für Führungskräfte benötigt, das einerseits die manuelle Bearbeitung von Aufgaben ermöglicht und andererseits Automaten enthält. Für die Aufgaben der Führungskräfte lässt die Aufgabenanalyse in Abschnitt 5.2.2 darauf schließen, dass diverse Informationen des MANV-Ablaufs benötigt werden, die in den Aufgaben der Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion (siehe Abschnitt 5.2.3) anfallen. Dementsprechend muss ein Unterstützungssystem für Führungskräfte entweder das Eintragen dieser Informationen ermöglichen oder in ein vernetztes, integriertes System für die Bewältigung des MANV eingebettet sein. In Zusammenhang mit der Hypothese 1, in der mit einer effektiveren und effizienteren Bewältigung des MANV durch Automation gerechnet wird, ist nur die Einbettung in ein Gesamtsystem zielführend.

In Kapitel 8 wird das Gesamtsystem für den MANV mit Komponenten für Einsatzkräfte ohne Führungsfunktionen und Komponenten für die Einsatzleitung Rettungsdienst grundlegend konzipiert. Anschließend folgt in Abschnitt 9 eine ausführliche Konzeption der Automation.

# 7 Stand der Technik

In diesem Kapitel wird der derzeitige Einsatz von Computersystemen in der Notfallrettung dargestellt, soweit er für diese Arbeit relevant ist. Daher wird zuerst in Abschnitt 7.1 eine Eingrenzung vorgenommen, in deren Rahmen die Gliederung dieses Kapitels erfolgt.

## 7.1 Eingrenzung

Diese Arbeit ist beschränkt auf den Einsatzdienst des Rettungsdienstes und die damit verbundenen charakteristischen Aufgaben (siehe Abschnitt 1.2). Daher werden nachfolgend Anwendungen für Verwaltungs- und Bürotätigkeiten nicht betrachtet, auch nicht, wenn sie der nachträglichen Erweiterung oder Digitalisierung der Dokumentation dienen (siehe Abschnitt 5.1).

Ebenfalls nicht berücksichtigt werden eingebettete Computersysteme. Diese sind zu verstehen als *„informationsverarbeitende Systeme, die in ein größeres Produkt integriert sind, und die normalerweise nicht direkt vom Benutzer wahrgenommen werden“* (Marwedel, 2008). Beispiele dafür sind der Einsatz von Computern in Fahrzeugen des Rettungsdienstes oder in medizinischen Geräten. Da diese nicht getrennt vom Gerät wahrgenommen werden (sollen), haben sie wenig mit typischen stationären oder mobilen Computersystemen, wie in dieser Arbeit verwendet, gemeinsam. Eine Abgrenzung erfolgt auch zu Funkgeräten sowie der Smartphone-Nutzung als Kommunikationsgerät und Navigationsgeräten. Diese Formen sind jeweils als Arbeitsmittel fest etabliert (siehe Abschnitt 5.2.4), aber nicht nur oder speziell im Rettungsdienst zu finden (auch wenn sie für diesen angepasst sein können). Funkgeräte erfüllen zudem die Eigenschaft der eingebetteten Computersysteme. Obwohl diese inzwischen und spätestens mit der Einführung des Digitalfunks zunehmend aus Computertechnik bestehen und entsprechende Bildschirme aufweisen, bleiben sie funktionell jedoch ohnehin weitestgehend auf den Einsatzbereich klassischer analoger Funkgeräte beschränkt<sup>39</sup>.

Nachfolgend soll zuerst mit Abschnitt 7.2 ein Überblick über Forschungsprojekte gegeben werden. Anschließend werden im Produktivbetrieb genutzte Systeme vorgestellt. Einen Schwerpunkt bilden dabei Systeme, die vorrangig für den Individualnotfall gedacht sind (siehe Abschnitt 7.3). Trotz Fokussierung der Arbeit auf den MANV können sie hilfreiche Erkenntnisse bringen. Anschließend werden Systeme für den MANV betrachtet (siehe Abschnitt 7.4).

---

<sup>39</sup> Wesentliche Erweiterungen im Gegensatz zum Analogfunk sind erweiterte Gruppen, eine verbesserte Sprachübertragung sowie die Möglichkeit der Nutzung von Textnachrichten und die (automatisierte) Übertragung der Fahrzeugposition an die Leitstelle.

## 7.2 Forschungsprojekte

In diesem Abschnitt wird ein Überblick über Forschungsprojekte zur Digitalisierung des Rettungsdienstes im Sinne der bereits erfolgten Eingrenzung gegeben.

### 7.2.1 Frühe Projekte für den Individualnotfall

In der Aufgabenanalyse in Abschnitt 5.1 wurden die Aufgaben im Individualnotfall identifiziert. Ein naheliegender Ansatz für Digitalisierung im Rettungsdienst liegt in der Dokumentation, die ähnlich auch beim MANV erfolgen muss (unter anderem Aufgaben A2.9 und A3.7). Sie erfordert mobile Geräte und ist damit erst mit dem Aufkommen ausreichend leistungsstarker mobiler Systeme beziehungsweise System-Prototypen möglich geworden. Laut Mentler (2015) *„wird der Einsatz mobiler computerbasierter Dokumentations- und Informationssysteme im Rettungsdienst im Rahmen von Feldstudien und Projekten seit Ende der 1980er-Jahre praktisch evaluiert“*. Die wesentliche Forschung in dem Bereich erfolgte ab Mitte der 1990er-Jahre. So haben beispielsweise Ellinger, Luiz und Obenauer (1997) die Erstellung elektronischer Patientenprotokolle mit Pen-Computern und spezieller Software untersucht und sind zu dem Ergebnis gekommen, dass die Datenqualität besser als bei der handschriftlichen Dokumentation gewesen ist. Neben der Dokumentation als Selbstzweck können digital vorliegende Daten weitergenutzt werden. So wurde schon 1999 im Projekt *„Notfall-Organisations- und Arbeitshilfe“* (NOAH) der Austausch von Daten mit dem Krankenhaus untersucht. Ziel war die Übertragung einerseits der Patientendaten vom Rettungsdienst an das Krankenhaus, also ein Teil der Aufgabe der Patientenübergabe, und umgekehrt der Belegung von Krankenhäusern an den Rettungsdienst, um Abläufe zu optimieren (Maier & Röckelein, 1999). Eine Reihe weiterer früherer Systeme kann bei Mentler (2015) gefunden werden. Bis auf die genannten Grunderkenntnisse, dass elektronische Einsatzdokumentation nützlich sein kann und dass ein Austausch von Daten mit dem Krankenhaus einen Mehrwert erzeugen kann, sind die Systeme für diese Arbeit – insbesondere technisch – kaum noch relevant und werden daher nicht genauer aufgeführt. Für die Dokumentation beim Individualnotfall gibt es viel mehr inzwischen eine Anzahl von im Produktivbetrieb genutzten Systemen (siehe Abschnitt 7.3). Die wissenschaftliche Fragestellung hat sich daher verlagert auf die Ausgestaltung, beispielsweise in Bezug auf Gebrauchstauglichkeit oder rechtliche Faktoren (Mentler, 2015; Döriges et al., 2013).

Ein weiteres Forschungsfeld liegt in der Unterstützung der Aufgaben der Behandlung außerhalb und innerhalb des Einsatzfahrzeugs. In diesem Bereich werden seit den 1990er-Jahren telemedizinische Ansätze untersucht. Ein Beispiel ist ein von Karlsten und Sjöqvist (2000) in Schweden entwickeltes System zur Kommunikation zwischen Rettungsdienst und Krankenhaus. Dieses bot

die Möglichkeit, EKG-Daten zu übertragen und Nachrichten auszutauschen und war in Bezug auf den RTW in Form sowohl einer verbauten „ambulance workstation“ als auch einer mobilen „portable workstation“ konzipiert (vergleiche auch Abschnitt 4.1.4). Neuere Systeme bieten in der Regel zumindest Tonübertragung, teils auch Videoübertragung in eine oder beide Richtungen. Mit einem solchen Versuchsaufbau haben etwa Rörtgen et al. (2013) das Resultat von notarztbegleiteten mit telemedizinisch unterstützten Rettungskräften verglichen und konstatiert, dass die Behandlung zumindest vergleichbar („*at least comparable*“) sei.

## 7.2.2 Frühe Projekte für den MANV

Die Forschung an Systemen für den Einsatz beim MANV begann im Wesentlichen nachgelagert zur Forschung für den Individualnotfall. Das ist nach den in dieser Arbeit beschriebenen Analysen (siehe Kapitel 2 bis 6) relativ naheliegend, da der Ausnahmefall eine deutlich erhöhte Komplexität mit sich bringt bei gleichzeitig geringer Eintrittswahrscheinlichkeit. Ein Großteil der für diese Arbeit relevanten deutschen Forschungsprojekte wurde in den Jahren 2009 bis 2012 im Rahmen des Förderungsschwerpunktes „Schutz und Rettung von Menschen“ im Programm „Forschung für die zivile Sicherheit“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung durchgeführt. Mentler (2015, S. 89) verbindet den Beginn größerer Forschungsaktivität in diesem Bereich mit den Anschlägen in den USA am 11. September 2001 und für Deutschland zudem mit der Überprüfung von MANV-Konzepten zur Fußball-WM 2006. Der Autor dieser Arbeit sieht auch das Hochwasser 2002 in dieser Reihe, womit die Forschungsaktivität direkt zur in Abschnitt 1.1 beschriebenen verstärkten Betrachtung großer Notfälle passt. Entsprechend sind auch in der Projektbroschüre des beschriebenen Forschungsprogramms „Terroranschläge, Naturkatastrophen, Unfälle“ und später „Großveranstaltungen“ genannt (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2009). Insgesamt wurden 17 Projekte gefördert, mehrere davon thematisierten organisatorische Aspekte der Versorgung der Verletzten bei Ereignissen mit vielen Verletzten oder konkret dem MANV.

Mehrere Projekte, darunter ALARM, e-Triage, MANET, SOGRO und TuMult, haben die Optimierung organisatorischer Abläufe mittels Aufnahme und Verwendung digitaler Patienteninformationen untersucht. Dafür wurde zumeist eine Sichtung mit Unterstützung durch mobile Computersysteme umgesetzt, deren Daten dann an die Führung gesendet werden sollten. Diese Aufgabe kann teilweise als äquivalent zur bereits beschriebenen Protokollierung im Regelfall gesehen werden. Einige der Projekte versuchten zudem die Qualität der Sichtung zu verbessern, etwa durch den Einsatz von Algorithmen. Die meisten Projekte blieben nicht auf die Aufgabe der Sichtung und Übertragung der resultierenden Daten beschränkt, sie stellten zumindest eine Ansicht der aggregierten Daten für die Führung zur Verfügung (Condat, 2012; Ellebrecht & Latasch, 2012; Euro-DMS, 2012; Nestler & Klinker, 2007; Vomatec International GmbH, 2011).

Weiterführend wurde mit ALARM versucht, eine modulare Plattform für die Aufgaben verschiedener Rollen beim MANV zu schaffen. Berücksichtigt wurden dabei auch die Dokumentation der weiteren Behandlung, telemedizinische Aspekte, ein Transport- und Rettungsmittelmanagement und die erweiterte Personenregistrierung (Condat, 2012). Aus den Forschungen ist das mittlerweile eingestellte Produkt Skyware Rescue von Condat hervorgegangen. Die genannten und weitere ähnliche Projekte (Mentler, 2015) haben gemeinsam, dass in der Regel robuste Tablets, Personal Digital Assistants<sup>40</sup> (PDA), Smartphones und ähnliche Geräte verwendet wurden. Die Zuordnung der Verletzten zur elektronischen Dokumentation erfolgte zumeist mittels RFID-Chips.

Am IMIS ist im Förderprogramm Hochschule-Wirtschaft-Transfer zusammen mit einem Projektpartner von 2011 bis etwa 2014 ein System für die mobile elektronische Datenerfassung bei einem MANV entstanden. Zeitlich mit etwas Überschneidung den BMBF-Forschungsprojekten nachgelagert, integrierte es Erkenntnisse aus diesen mit Fokus auf der Gebrauchstauglichkeit. Dieses Projekt kann als Vorläufersystem des für die Untersuchungen dieser Arbeit entwickelten Systems gesehen werden und wird daher bereits in Abschnitt 1.4.1 eingeführt.

### 7.2.3 Aktuelle Projekte mit Wearables

In den letzten Jahren sind in der Forschung vor allem direkt am Körper tragbare Geräte untersucht worden, insbesondere Smartglasses. Somit findet eine Verlagerung der Computersysteme im Körperkontext von tangiblen Systemen zu Wearables statt (siehe Abschnitt 4.3). Ähnlich wie bei früheren Systemen wurden die Vorsichtung und teilweise die Telemedizin, aber auch die Übermittlung eines Lagebilds an Führungskräfte als Anwendungsszenarien angenommen.

Die – soweit ersichtlich – erste Publikation zu modernen Smartwatches im Kontext des MANV stammt von Carenzo et al. (2015), die eine Anwendung für die Google Glass entwickelt und evaluiert haben, welche einen Vorsichtungsalgorithmus abbildet und die resultierenden Daten in eine Datenbank hochlädt. Die Autoren sahen das Potential, dass die Einsatzleitung durch eine bessere Datenlage schnellere und bessere Entscheidungen treffen könnte. Neben der Vorsichtung haben Carenzo et al. (2015) des Weiteren die Übertragung von Videos aus Sicht des Benutzers im Sinne der Telemedizin, aber auch zwecks Verbesserung der Nachbesprechung und des Trainings als Anwendungsszenarien genannt. Ein weiterer früher Artikel stammt von Cicero et al. (2015), die sich der Fragestellung gewidmet haben, ob mittels Telemedizin via Smartglasses bei der Vorsichtung Zeit gespart oder die Genauigkeit erhöht werden könnte. In ihrem Versuchsaufbau konnte das Rettungsteam einen externen Katastrophenmediziner konsultieren, der das von der Google

---

<sup>40</sup> Ein „Personal Digital Assistant“ ist ein tragbares, kompaktes Computersystem, das seit der Verbreitung von Smartphones kaum noch relevant ist.

Glass aufgezeichnete Bild sehen und mittels Audioverbindung mit dem Rettungsteam kommunizieren konnte. Die Autoren schlussfolgerten, dass die Vorsichtung mit Smartglasses sehr viel länger gedauert habe, gaben aber auch massive Einschränkungen der Studie, insbesondere starke Verzögerungen bei der Bildübertragung, an (Cicero et al., 2015). Der Autor dieser Arbeit hat im Rahmen seiner Masterarbeit 2015 für die Google Glass Anwendungen zur Vorsichtung (siehe Abschnitt 10.3.1) und Gefahrguterkenennung entwickelt. In der Ausarbeitung zur Masterarbeit sind neben einer genaueren Beschreibung der Studien von Carenzo et al. (2015) und Cicero et al. (2015) die eigenen Ergebnisse zu finden, verwiesen sei zudem auf Berndt, Mentler und Herczeg (2015).

Bezüglich der genannten Projekte kann festgestellt werden, dass im Zusammenhang mit der Nutzung von Smartglasses oft von der Erweiterung der Realität („Augmented Reality“) gesprochen wird. Der Autor dieser Arbeit sieht das in vielen Fällen kritisch und schlägt vor, Smartglasses danach zu unterscheiden, ob sie das Bild im Sichtfeld oder außerhalb anzeigen (Berndt, Mentler, & Herczeg, 2016). Demnach wäre die in vielen Projekten verwendete Google Glass eher als körpernahes Anzeigegerät anzusehen, anstatt als Gerät für die Erweiterung der Realität.

Die Forschung an Smartglasses läuft weiterhin, auch da diese als vielversprechend angesehen werden, aber noch keine Praxisrelevanz im Rettungsdienst erlangt haben. So haben beispielsweise Broach et al. (2018) zur Gebrauchstauglichkeit und Zuverlässigkeit von Smartglasses für die zweite Sichtung beim MANV publiziert und Follmann et al. (2019) zur Unterstützung der Vorsichtung mittels Algorithmus und alternativ mittels telemedizinischer Unterstützung. Diese resultieren aus dem BMBF-Forschungsprojekt „Audiovisuelle Medizinische Informationstechnik bei komplexen Einsatzlagen“ (AUDIME) mit Projektlaufzeit 2014-2017. Die Schlussfolgerungen sind alles in allem ähnlich wie bei früheren Studien (Follmann et al., 2019).

### 7.3 Systeme für den Produktivbetrieb bei Individualnotfällen

Dieser Abschnitt thematisiert Systeme, die für den Produktivbetrieb bei Individualnotfällen entwickelt werden und teilweise bereits bei realen Notfällen im Einsatz sind. Solche Systeme entstehen in größerem Umfang seit etwa zehn Jahren. Wie bei den Forschungssystemen in Abschnitt 7.2.1 besteht der Hauptteil vieler Systeme wiederum in der elektronischen Dokumentation, sodass sie zumindest zeitlich und thematisch an die Forschungsprojekte anknüpfen. Teilweise sind sie durch weitere Funktionalität angereichert. Die Entwicklung elektronischer Patientendokumentationssysteme ist in verschiedenen Ländern zu beobachten. So wird in den USA typischerweise von „Electronic Patient Care Reporting“ gesprochen (Getac, 2019; Brewster Ambulance Service, 2023), wobei Short und Goldstein (2019) feststellten, dass diese die Papierdokumentation noch

nicht verdrängt hätten: „*Sometimes the form is paper, sometimes an electronic device (the ePCR), and sometimes both.*“ Da sich diese Feststellung allgemein treffen lässt, wird nachfolgend lediglich der Stand der Technik in Deutschland beschrieben.

Derzeitig ist der Einsatz mobiler Computersysteme in der Notfallrettung in Deutschland noch nicht flächendeckend verbreitet. Es lässt sich bezogen auf das Aufgabenfeld der Patientendokumentation jedoch eine zunehmende Einführung mobiler Computersysteme beobachten. Während einige Rettungsdienste weiterhin papierbasiert arbeiten, haben andere bereits mobile Computersysteme eingeführt oder arbeiten daran, wie beispielsweise eine Ankündigung der Rettungsdienst-Kooperation in Schleswig-Holstein aus dem Dezember 2018 zeigt. Im Jahr 2022 befand sich dieses Projekt allerdings weiterhin im Umsetzungsprozess.

Ein entscheidender Faktor für die Verbreitung mobiler Computersysteme zur elektronischen Dokumentation ist die Rechtslage. Diese änderte sich in den letzten Jahren zugunsten solcher Systeme. Ein Vorreiter ist das Bundesland Bayern, das schon 2010 verordnet hat: „*Um eine bayernweite Auswertung zu ermöglichen, sollen die Möglichkeiten der elektronischen Dokumentation genutzt werden*“ (§12 BayAVRDG, 2010). Anschließend wurden die Fahrzeuge des Rettungsdienstes flächendeckend mit Tablets ausgestattet (Krüger-Brand, 2014; Bayerisches Rotes Kreuz, 2015). Ein weiteres Beispiel für eine entsprechende Rechtslage ist das Bundesland Schleswig-Holstein. Dieses erlaubte 2013 per Landesverordnung explizit auch die elektronische Erhebung und Speicherung von Daten als Alternative zur schriftlichen Form (§1 DVO-RDG) und hat diese Möglichkeit später im Rettungsdienstgesetz festgeschrieben: „*Die Einsätze des Rettungsdienstes sind schriftlich oder elektronisch zu dokumentieren. Die Dokumentation ist schriftlich oder elektronisch zu speichern*“ (§2 SHRDG, 2017).

### 7.3.1 Systeme auf Basis von Tablets

Mehrere Hersteller bieten marktreife mobile Tablet-basierte Computersysteme für die Patientendokumentation an. Dazu gehören unter anderem:

- medDV GmbH: Notfall-Informations- und Dokumentations-Assistent (NIDA)<sup>41</sup>,
- WEINMANN Emergency Medical Technology GmbH + Co. KG: MedicalPad<sup>42</sup>,
- n-tier services GmbH: RescueDoc<sup>43</sup> und
- Tyco Fire & Security Holding Germany GmbH: CEUS MANV<sup>44</sup>.

---

<sup>41</sup> <https://www.meddv.de/produkte/nidapad> (Zugriff am 14.07.2022).

<sup>42</sup> <https://www.weinmann-emergency.com/de/produkte/datenmanagement/medicalpad/> (Zugriff am 14.07.2022).

<sup>43</sup> <https://www.entireservices.de/rescuedoc-notararzt-software/> (Zugriff am 14.07.2022).

<sup>44</sup> [https://www.johnsoncontrols.com/de\\_de/cks/ceus-mobile-loesung](https://www.johnsoncontrols.com/de_de/cks/ceus-mobile-loesung) (Zugriff am 14.07.2022).

Üblicherweise werden die Systeme zusammen mit der Hardware in Form von Tablets vermarktet. Diese sind robust und sollen beispielsweise Stürze aus definierten Höhen aushalten und wasserfest sein. Sie werden per Touchscreen (z.B. NIDApad als Gerät für NIDA) oder seltener mittels Stiften (z.B. RescueDoc) bedient. Teilweise sind die Systeme auf einzelne Zielgruppen beschränkt, so ist beispielsweise RescueDoc für die Notarzt-Dokumentation vorgesehen. Bei der Betrachtung der Systeme lässt sich feststellen, dass sie bislang im Wesentlichen eine Datenerfassung und Dokumentation beim Patienten ermöglichen und damit papierbasierte Protokolle ersetzen. Das Bayerische Rote Kreuz (2015) nennt als weitere Aufgaben der Nutzung von NIDA die Voranmeldung, „*medienbruchfrei[e]*“ Übertragung der Dokumentation an das Krankenhaus und die Nutzung für eine Qualitätsauswertung. Fest eingeplant ist oftmals die Möglichkeit des Ausdrucks der Dokumentation für Krankenhäuser ohne Empfangsmöglichkeit, andere Stellen oder den Patienten, wie der „Teamleiter Verwaltung Bevölkerungsschutz beim Kreis Lippe“ in einem Interview der Lippischen Landes-Zeitung (Prignitz, 2015) berichtet.

Als Beispiel wird NIDA kurz vorgestellt. Die Software läuft auf dem NIDApad, wie in Abbildung 19 zu sehen. Die 2022 aktuelle Version dieses Tablets wiegt laut Hersteller 1,8 kg, hat einen 11,6-Zoll-Bildschirm mit Multitouch-Erkennung und einer Auflösung von 1920 x 1080 Pixeln und diverse Sensoren. NIDA ermöglicht neben der Patientendokumentation auch die Einsatzalarmierung mit Anzeige von Informationen. Die Patientendokumentation kann Daten von Medizintechnik-Geräten wie Defibrillatoren über Schnittstellen erhalten. Sie kann neben dem Dokumentationsaspekt und der Übermittlung von Daten an Krankenhäuser auch für Auswertungs- und Abrechnungszwecke genutzt werden. Für die Speicherung der erfassten Daten bietet der Hersteller einen Server an („NIDAserver“), für die Anzeige der Informationen zu eintreffenden Patienten im Krankenhaus die Anwendung „NIDAKlinik“ (medDV, 2023).

Trotz der Fokussierung auf den Individualnotfall bieten die Hersteller solcher Systeme zumeist auch eine Unterstützung für den MANV an. Diese kann in Form eines zusätzlichen Moduls realisiert sein, wie beim Medical Pad von Gundlach (2012) beschrieben. So sei beim „Medical Pad MANV“ eine Vernetzung der Geräte über ein WLAN möglich, die Daten würden dann auf einem Server gespeichert und könnten von den Akteuren abgerufen werden. Gundlach berichtet von einer „*Durchgängigkeit im MedicalPad System*“. Es sei möglich, der „*MANV-Karte*“ ein DIVI-Protokoll anzuhängen. Der Hersteller des NIDApad setzt dagegen gemäß den Produktinformationen auf eine umstellbare Benutzungsoberfläche. Im MANV-Modus sollen Verletzte mit einer Maske zur Schnellerfassung dokumentiert werden können, die Dokumentation könne anschließend von jedem Nutzer erweitert werden. Laut Hersteller können die Informationen zwischen mehreren Geräten übertragen und eine Voranmeldung an das Krankenhaus durchgeführt werden.

(medDV, 2022). Im Falle von „CEUS“ wird auf der Webseite die Vereinfachung der Patientenverteilung an Krankenhäuser erwähnt (Tyco Fire & Security Holding, 2020).



Abbildung 19: NIDAPad im Einsatz (Zentrum für Telemedizin Bad Kissingen, 2016).

### 7.3.2 Patientendokumentationssysteme auf Basis eines digitalen Stifts

Bei Dokumentationssystemen auf Basis eines digitalen Stifts wird an der klassischen Dokumentation mit Papierprotokollen festgehalten, wobei ein „digitaler Stift“ und spezielles Papier zum Einsatz kommen. Ein Beispiel ist der DIVIDOK ePEN von Thieme<sup>45</sup>. Dieser enthält zusätzlich zur Kugelschreibermine eine Kamera, die das Geschriebene aufnimmt. Er kann die Daten speichern und per USB oder Funktechnik an andere Geräte übertragen; letztlich ist dadurch auch eine Weiterleitung an ein Krankenhaus möglich. Als Vorteil wird vom Hersteller die Beibehaltung der gewohnten Arbeitsweise inklusive Anfertigung von Papierdurchschlägen genannt. Gemäß einer undatierten Mitteilung des Entwicklers hatten zu dem Zeitpunkt bereits mehr als 30 Rettungsdienste das System eingesetzt und mehr als 1 Million Einsätze erfasst<sup>46</sup>. Laut Schlie (2014) ist die *„Dateneingabe per digitalen Stift mehr als doppelt so schnell wie mit einem PDA oder vergleichbaren Varianten“*.

<sup>45</sup> <https://www.thieme.de/de/thieme-dokuform/dividok-epen-97976.htm> (Zugriff am 14.07.2022).

<sup>46</sup> <https://www.thieme.de/de/thieme-dokuform/digitaler-stift-schon-ueber-1-millionen-einsaetze-erfasst-97281.htm> (Zugriff am 05.03.2023).

### 7.3.3 Führungssysteme für Leitstellen

Arbeitsplätze in Leitstellen sind – vergleichbar mit Leitwarten in anderen Bereichen, wie beispielsweise Stromleitwarten – üblicherweise mit Computertechnik, mehreren Bildschirmen und spezieller Software ausgestattet (siehe Abbildung 20). Die Leitstellen sind für Aufgaben zuständig, die nicht an der Einsatzstelle anfallen, darunter vor allem die Entgegennahme von Notrufen und die Disposition von Fahrzeugen. Besonders bei großen Einsätzen kann die Leitstelle die Einsatzleitung vor Ort bei Aufgaben unterstützen, die ortsfern erledigt werden können, beispielsweise der Abfrage von Krankenhausressourcen. In einigen Regionen und Bundesländern gibt es bereits webbasierte Systeme zur Abfrage der Krankenhauskapazitäten, die allerdings bislang in der Regel lediglich auf Basis manueller Eintragungen funktionieren. Sie sind, soweit vorhanden, auch für den MANV relevant, wenn es um die Frage der Verteilung der Verletzten an Krankenhäuser geht (Schweigkofler et al., 2011). Die Computersysteme in Leitstellen sind für diese Arbeit nur mittelbar interessant, da sich diese Arbeit auf die Einsatzleitung vor Ort konzentriert, können aber eventuell wichtige Erkenntnisse liefern. In Form des Leitstellensimulators existiert eine realitätsnahe Umsetzung als Online-Computerspiel<sup>47</sup>.

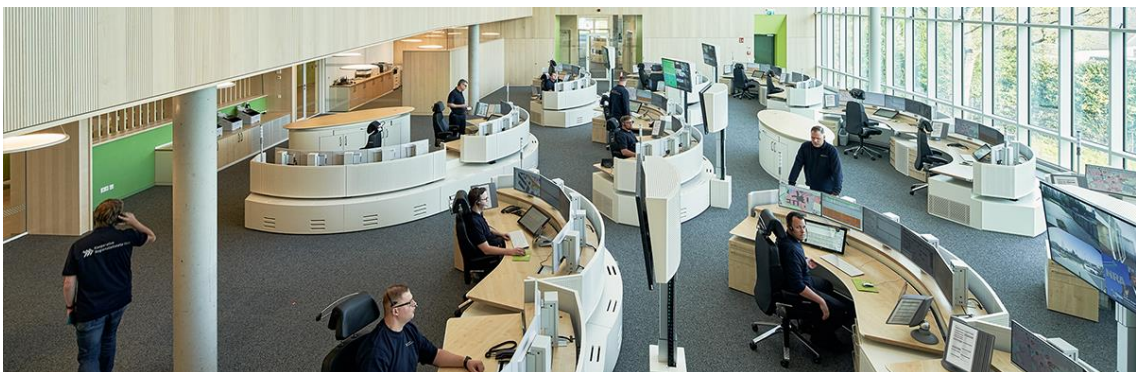


Abbildung 20: Rettungsleitstelle West in Elmshorn (Rettungsdienst-Kooperation in Schleswig-Holstein, 2020).

Stationäre Einsatzleitsysteme in Leitstellen enthalten zumindest eine Übersicht über die im Rettungsbereich vorhandenen Fahrzeuge und ihren Status, Verwaltungsansichten für Einsätze sowie in aller Regel auch eine Karte. Sie können inzwischen teilweise auf Basis von GPS-Systemen in den Fahrzeugen die genaue Position der Rettungsfahrzeuge anzeigen. In diesem Zusammenhang gibt es auch einfache Automaten. Beispiele dafür sind, dass für ein Einsatzstichwort die gemäß dem Konzept benötigten Einsatzfahrzeuge und deren Anzahl aufgeführt werden oder dass auf Basis der Entfernung der Rettungsmittel und deren Verfügbarkeit das optimale Rettungsmittel für einen Einsatzort vorgeschlagen wird (Simeth, 2017).

<sup>47</sup> <https://www.lstsim.de> (Zugriff am 10.06.2022).

## 7.4 Systeme für den Produktiveinsatz beim MANV

In diesem Abschnitt werden zuerst Systeme für die Führung vor Ort vorgestellt (siehe Abschnitte 7.4.1 bis 7.4.4). In Abgrenzung zu Führungssystemen für die Leitstelle werden diese beispielsweise im ELW verwendet und müssen ad-hoc funktionieren. Anschließend werden komplexere Systeme für den MANV vorgestellt, die aus mehreren Komponenten, davon zumindest einige in mobiler Form vorliegend, bestehen. Diese werden hier als integrierte MANV-Systeme bezeichnet, die ersten sind seit wenigen Jahren auf dem Markt verfügbar (siehe Abschnitt 7.4.5).

### 7.4.1 Systeme für die Führung vor Ort

Systeme für die Führung vor Ort können sowohl in stationärer als auch in mobiler Form vorliegen. Stationäre Systeme werden vor allem in einem ELW verwendet. Mobile Systeme bieten die Möglichkeit, sie einerseits ortsfrem vom ELW, andererseits aber auch schon vor dessen Eintreffen zu nutzen. Geräte für stationäre Systeme können in Form von Desktop-Computern fest im Fahrzeug installiert, oder als Laptops – oft angeschlossen an feste Bildschirme im Fahrzeug – vorhanden sein. Zu den mit Systemen für die Führung vor Ort zu erledigenden Aufgaben gehören vor allem die Koordination der Rettungsmittel am Einsatzort sowie die Funk- und Telefonkommunikation mit Alarmierenden und Einsatzkräften inklusive Dokumentation, beispielsweise durch Protokolle oder die Führung des Einsatztagebuchs. Auch die Darstellung der Lage mittels elektronischer Karten ist ein typischer Einsatzzweck für solche Computersysteme im MANV (siehe Abschnitt 5.2). Einsatzleitsoftware für die Nutzung auf stationären Computern in ELWs gibt es in vielfältiger Form und Ausführungen. Ausschließen lassen sich Systeme, die lediglich auf nichtmedizinische Einsatzorganisationen wie etwa die Feuerwehr abzielen. Es bleiben dann im Wesentlichen:

- „BOSassistent“<sup>48</sup>
- „CrisCom-Commander“ von der Eurocommand GmbH<sup>49</sup>,
- „Einsatzstellenverwaltung“ vom gleichnamigen Verein<sup>50</sup>,
- „EinsatzDokumentation“ vom Ingenieurbüro Müller<sup>51</sup>,
- „REV Einsatzverwaltung“ – von REV Software<sup>52</sup> und
- „edp Einsatzleitsoftware“ von der Eifert Systems GmbH<sup>53</sup>.

---

<sup>48</sup> <https://www.bosassistant.de/> (Zugriff am 05.03.2023).

<sup>49</sup> <https://www.eurocommand.com/komplettloesungen/criscom-commander.php> (Zugriff am 05.03.2023).

<sup>50</sup> <https://www.einsatzstellenverwaltung.de/software> (Zugriff am 05.03.2023).

<sup>51</sup> [http://www.ingenieurbuero-dm.de/attachments/article/3/HandbuchV1\\_0\\_EinsatzDokumentation\\_Anwender.pdf](http://www.ingenieurbuero-dm.de/attachments/article/3/HandbuchV1_0_EinsatzDokumentation_Anwender.pdf) (Zugriff am 05.03.2023).

<sup>52</sup> <https://www.einsatzverwaltung.de> (Zugriff am 05.03.2023).

<sup>53</sup> <https://www.einsatzleitsoftware.de/cms/> (Zugriff am 05.03.2023).

Das Spektrum reicht von kostenlosen Anwendungen, die im Wesentlichen ehrenamtlich entwickelt werden (Einsatzstellenverwaltung), bis zu kommerziellen Anwendungen von kleineren oder größeren Firmen. Ebenso reicht die Bandbreite von Access-Modulen (z.B. EinsatzDokumentation, siehe Abbildung 21) über klassisch programmierte Desktop-Anwendungen (z.B. Einsatzstellenverwaltung) bis zu Anwendungen für Mobilgeräte.

11 - Herschb.	12 - Höhr-Gren.	18 - Montabau	23 - Rennerod	26 - Westerbur	28 - Hachenbu	<Andere>	<keine>
NW 11   C Alarmerung	NW 12/83-1   3 Anfahrt	NW 18/11-1   4 Bereitstellungsraum			NW 28/83-1   4 Einsatzstelle	AK 01/86-1   C Alarmerung	
NW 11/19-1   C Alarmerung	NW 12/83-1   3 Einsatzstelle	NW 18/19-2   C Alarmerung			NW 28/83-1   4 Einsatzstelle	AK 27/83-1   3 Anfahrt	
NW 11/86-1   C Alarmerung		NW 18/19-2   4 Bereitstellungsraum				NW 01/86-1   C Alarmerung	
		NW 18/19-1   4 Bereitstellungsraum				NW 11/86-1   C Alarmerung	
		NW 18/19-2   4 Bereitstellungsraum				NW 18/87-1   C Alarmerung	
		NW 18/19-3   4 Bereitstellungsraum				NW 11/86-1   C Alarmerung	
		NW 18/19-4   4 Bereitstellungsraum				NW 18/87-1   C Alarmerung	
		NW 18/86-1   4 Einsatzstelle				NW 18/87-1   C Alarmerung	
		NW 18/87-1   C Alarmerung				NW 18/87-1   C Alarmerung	
		NW 18/87-2   4 Bereitstellungsraum				NW 18/87-1   C Alarmerung	
		NW 18/87-3   4 Bereitstellungsraum				NW 18/87-1   C Alarmerung	
		NW 18/87-4   4 Bereitstellungsraum				NW 18/87-1   C Alarmerung	
		NW 18/87-5   4 Bereitstellungsraum				NW 18/87-1   C Alarmerung	
		NW 18/87-6   4 Einsatzstelle				NW 18/87-1   C Alarmerung	
		NW 18/87-7   4 Bereitstellungsraum				NW 18/87-1   C Alarmerung	
		NW 18/87-8   4 Einsatzstelle				NW 18/87-1   C Alarmerung	

Abbildung 21: Fahrzeugübersicht in der Anwendung Einsatzdokumentation (Ingenieurbüro Müller, 2018).

Zu berücksichtigen ist der Einsatzzweck. Dieser kann entweder in der Bewältigung von Massenanfällen von Verletzten bis hin zur Katastrophe oder in der Organisation von Sanitätswachdienst (siehe Abschnitt 3.2.1) liegen. Wie in Abschnitt 5.2.2 festgestellt, ist der Sanitätswachdienst in vielerlei Hinsicht nicht mit dem MANV vergleichbar. Trotzdem ist in Bezug auf die Systemnutzung im ELW nach Erfahrung des Autors der Übergang fließend. Oftmals wird die gleiche Software mit Einschränkungen für beide Zwecke genutzt, auch um diese zu beüben. Das passt in gewisser Weise zum Care&Prepare-Prinzip (siehe Abschnitt 1.4.1), wenn auch eingeschränkt, da der (größere) Sanitätswachdienst zwar regelmäßig auftritt, aber keine tägliche Routine darstellt.

## 7.4.2 Mobilität der Führungssysteme

Ein Großteil der Systeme ist für den Einsatz auf stationären Computern oder Laptops vorgesehen. Der Einsatz im Feld im Sinne von Gerätemobilität ist dann unrealistisch, sodass sie eher im ELW verwendet würden. Die meisten Systeme nutzen eine Datenbank und lassen eine Nutzung an mehreren Arbeitsplätzen zu. Da der Zweck davon vor allem die Verteilung von Aufgaben ist und die Benutzer sich im ELW aufhalten, ist in aller Regel keine Benutzermobilität vorhanden. Viele

Programme lassen sich auf mobilen Geräten mit dem entsprechenden Betriebssystem (in der Regel Microsoft Windows) installieren, sind aber für diesen Einsatzzweck nicht optimiert.

Die edp Einsatzleitsoftware gibt es zusätzlich zur Standardanwendung in einer Webapplikation. Mobilgeräte sind konzeptionell allerdings vor allem für die Erfassung von Verletzten eingeplant, für die Einsatzleitung sehen die Entwickler laut Webseite lediglich die Arbeit im ELW mit einem entsprechend benannten „ELW-Modul“ vor, das auf Desktop-Computer oder Laptops ausgelegt ist. Die Software ist primär für Sanitätswachdienste gedacht und nutzt dazu passend den Begriff der „Unfallhilfsstelle“. Dieser gehört nicht zur üblichen Terminologie beim MANV (siehe Abschnitt 4.1.3), wird aber in einigen Regionen auch bei diesem verwendet (etwa beim Eisenbahnunfalls von Bad Aibling, siehe Abschnitt 4.1.3). Auch bei REV Plus sowie dem BOSAssistant gibt es spezielle Module für Mobilgeräte, die der Erfassung und Dokumentation der Verletzten dienen. Beide Anwendungen sollen sich laut Homepage sowohl für den MANV als auch für den Sanitätswachdienst eignen. Das mobile Modul der Software REV Plus mit Namen „REVweb“ scheint mit dem Betrieb an einer „Unfallhilfsstelle“ eher auf den Sanitätswachdienst ausgerichtet zu sein (siehe Abbildung 22).

Vorname	Nachname	Geburtsdatum	Diagnose	Status	Bearbeiten	
Max	Mustermann	15.01.2003		Transportanforderung	Behandlung vor Ort	Bearbeiten
Muh	Mustermann	01.01.2010		Transportanforderung	Behandlung vor Ort	Bearbeiten
Mareike	Musterfrau	15.03.2001		Transportanforderung	Behandlung vor Ort	Bearbeiten

Abbildung 22: Patientenliste in REVweb 1.2.0 (Holger Martiker IT Services, 2018). Zwecks Lesbarkeit wurden an den markierten Stellen Freiflächen entfernt.

Dagegen ist der BOSAssistant speziell für die Sichtung vorgesehen und ermöglicht es auch, Checklisten oder Sichtungsalgorithmen anzuzeigen. Diese sind in der Darstellung identisch wie auf Papier. Während die Fahrzeugverwaltung in den meisten Systemen lediglich für die stationäre Anwendung konzipiert ist, sieht der BOSAssistant auch eine mobile Version vor (siehe Abbildung 23). Diese ist für die Nutzung im Bereitstellungsraum vorgesehen, dort können dann Fahrzeuge registriert werden und ein Fahrzeugüberblick angezeigt werden. Falls die Fahrzeuge vor dem Einsatz ins System eingetragen und mit einem Barcode versehen werden, können diese per Barcodescanner eingelesen werden.

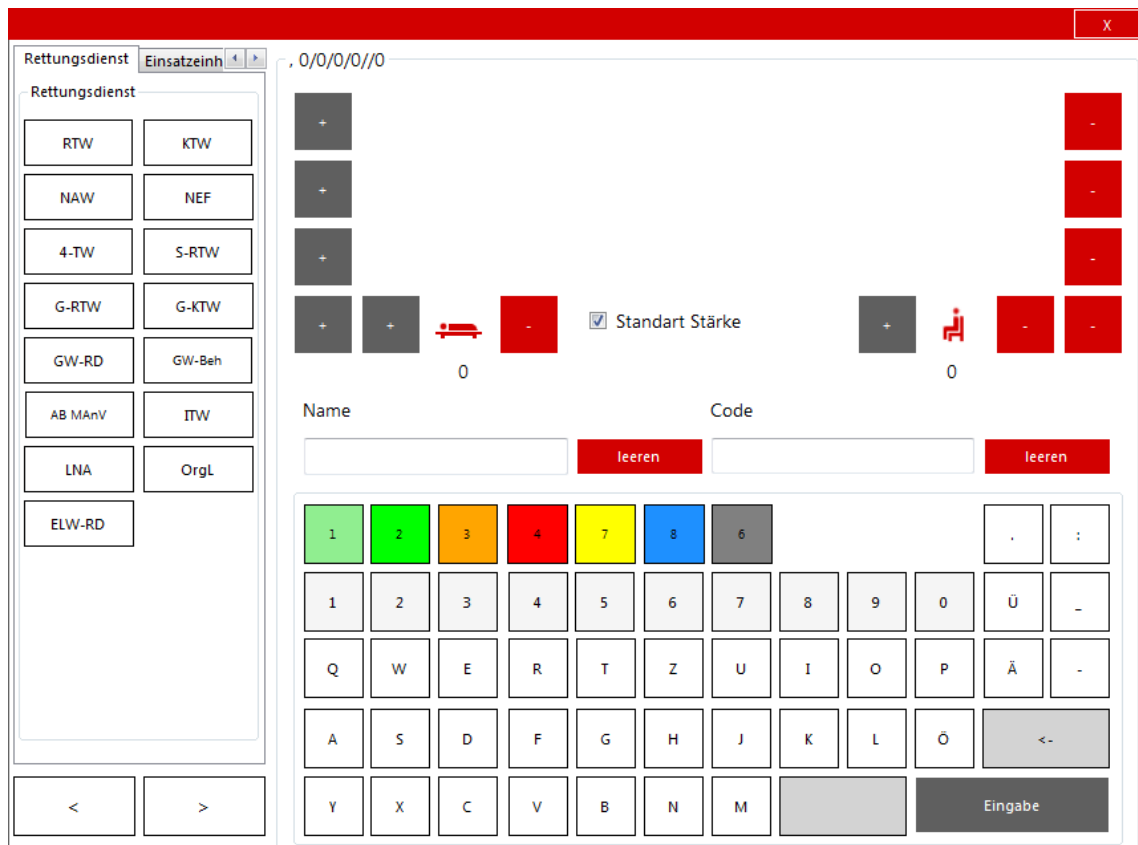


Abbildung 23: BOSassistent in der mobilen Demo-Version. Zum Zeitpunkt des Tests war das Einfügen von Fahrzeugen wegen einer Fehlermeldung nicht möglich.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die genannten Systeme in Bezug auf die eigentlichen Führungsaufgaben für die stationäre Nutzung im ELW vorgesehen sind und lediglich kleinere Aufgaben mobil ermöglichen.

### 7.4.3 Gestaltung der Führungssysteme

Die Gestaltung der Führungssysteme variiert und scheint vor allem von der typischen Gestaltung von Anwendungen im Entwicklungszeitraum und der genutzten Technologie abzuhängen. Während insbesondere die älteren Systeme typischen Menü-Masken-Systemen gleichen, sind bei neueren oft Ansätze von Flat oder Material Design feststellbar, etwa Kachelmenüs.

Die Gestaltung und Darstellung scheint typischerweise an den bisherigen papierbasierten Führungsmitteln (z.B. Listen oder Verletztenanhängekarten) angelehnt zu sein, spezielle Möglichkeiten der Darstellung in Computersystemen (z.B. Diagramme) werden kaum genutzt.

#### 7.4.4 Automation in den Führungssystemen

Aktuell werden nur Assistenzfunktionen umgesetzt, bei denen jedoch kaum von Automation – auch nicht in niedrigen Stufen – gesprochen werden kann (siehe Kapitel 1). So kann etwa „Einsatzdokumentation“ feststellen, ob die Eingaben für die Anzahl von Einsatzmitteln zum Systemwert passen und die Zahlen entsprechend grün oder rot hinterlegen. Rudimentäre Ansätze für Automation in niedrigen Stufen gibt es zum Teil bei der Zuweisung von Fahrzeugen zu Verletzten oder umgekehrt, indem Vorschläge bei Eingaben gemacht werden oder Informationen automatisch eingetragen werden. Allgemein lässt sich aber feststellen, dass die Aktionen vom Benutzer initiiert und durchgeführt werden müssen. Die Systemlösung bietet dann vor allem die Vorteile der Verknüpfung der Daten untereinander sowie die Verlinkung der Module in Form entsprechender Schaltflächen. So kann beispielsweise bei Verletzten mittels eines Buttons die Zuweisung zu einem Fahrzeug gestartet werden. Das ist in der Papierform nicht möglich. Im Vergleich lässt sich feststellen, dass in Leitstellen mit dem Ansatz der automatischen Fahrzeugauswahl die Automatisierung bereits weiter fortgeschritten ist (siehe Abschnitt 7.3.3).

#### 7.4.5 Integrierte MANV-Systeme

Integrierte MANV-Systeme werden in der Praxis zum Zeitpunkt des Erstellens dieser Arbeit kaum genutzt. Zu nennen ist das System „RescueWave“, das speziell für den MANV entwickelt wurde und Prozesse in unterschiedlichen MANV-Phasen unterstützen soll zugunsten einer laut Hersteller „*schnellere[n] Versorgung bei MANV-Lagen*“ (ITK Engineering, 2019). Es wird als Pilotprojekt seit 2019 im Kreis Germersheim eingeführt, vorher wirkten Einsatzkräfte des Kreises bei der Entwicklung mit (Schwitalla, 2021). RescueWave besteht technisch im Wesentlichen aus Sichtungsgaräten, einer App für Tablets und einer Serverkomponente (siehe Abbildung 24). Die Sichtungsgaräte fungieren als Verletztenanhängekarte und verbleiben somit beim Patienten (siehe Abschnitt 5.2.3). Mittels eines Drehschalters wird die SK eingestellt, mit einem zweiten Schalter kann die TP signalisiert werden (siehe Abschnitt 1.1). Die Informationen werden laut Hersteller zusammen mit der GPS-Position an den Server übertragen, der in einem Fahrzeug oder Koffer untergebracht sein kann. Die App erhält die Verletztenaten vom Server und stellt sie in Diagrammform dar, wobei es unterschiedliche Diagrammtypen gibt (unter anderem Balkendiagramm, Kreisdiagramm und Verlaufsdiagramm). Sie dient damit im Wesentlichen dazu, den Patientenstatus zu visualisieren. Zudem ermöglicht es die App, Patientendaten mit einer Eingabemaske zu erfassen. Als weitere Funktionalität lassen sich Transporte planen, wobei aus Listen der Krankenhäuser, Fahrzeuge und Patienten mit jeweils einem Klick eine Zuordnung erstellt werden kann. Die Befehlsgebung unterstützt das System nicht, Transportaufträge etwa werden gedruckt. Strukturen wie die PA und der BHP werden nur sekundär berücksichtigt (ITK Engineering, 2019).

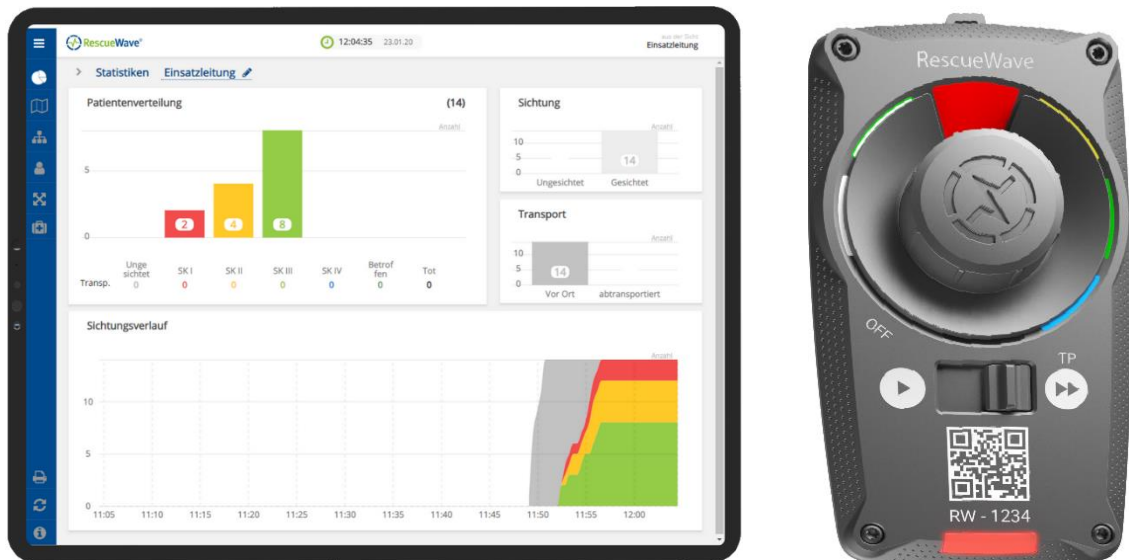


Abbildung 24: Komponenten des Systems „RescueWave“ (Vomatec Innovations GmbH, 2020). Links die Tablet-Komponente für die Einsatzleitung, rechts das Sichtungsgarage, das die Verletztenanhängekarte ersetzt. In der Tablet-Komponente sind Säulendiagramme für die Verletztenzahlen und ein Verlaufsdiagramm für die Vorsichtung zu sehen.

## 7.5 Fazit

In der Forschung sind vor allem mobile Systeme untersucht worden, tendenziell in den 90er-Jahren und Anfang der 2000er-Jahre für den Individualnotfall, danach, auch durch große Förderprojekte, vermehrt für den MANV. Erforscht wurden unter anderem die Kommunikation der Systeme untereinander sowie die Gestaltung. Dabei sind verschiedene Gerätearten betrachtet worden, darunter PDAs, Tablets und – vor allem in den letzten Jahren – neuartige Technologien wie Smartglasses. Als Aufgaben wurden vor allem die Sichtung und Dokumentation untersucht. Die Systeme enthielten oftmals Statistiken (z.B. Anzahl gesichteter Verletzter nach Kategorien, gingen in Bezug auf die Unterstützung der Führungskräfte allerdings nur in Einzelfällen darüber hinaus. Eine umfassende Automatisierung fehlt bislang.

Für den Produktiveinsatz gibt es bezogen auf den Einsatzort mittlerweile Systeme sowohl für den Individualnotfall als auch für den MANV. Dabei ist festzustellen, dass diese Systeme noch nicht überall oder umfassend die Papiersysteme abgelöst haben. Bezogen auf den Individualnotfall existieren vor allem Tablet-Systeme, die die Dokumentation der Verletzten und zum Teil die Weiterleitung der Daten, etwa an das Krankenhaus, ermöglichen. Bezogen auf den MANV gibt es eine Vielzahl stationärer Systeme für den ELW, die zwar zumeist eine umfangreiche Funktionalität anbieten, allerdings in der Regel keine oder nicht ausreichend Schnittstellen zu Systemen von Einsatzkräften ohne Führungsfunktion aufweisen und damit die Eingabe aller Informationen und Änderungen von Hand erfordern. Sie dienen vor allem dem direkten Ersatz anderer

Werkzeuge, teilweise mit mehr Effizienz oder Effektivität, aber ohne größere Zusatzfunktionalität. Beispielsweise werden Papierlisten durch elektronische Listen oder Papierkarten durch elektronische Karten ersetzt, wobei das Potential der Computertechnik in Bezug auf Berechnungen (z.B. Plausibilitätsprüfungen), zusätzliche Darstellungsformen (z.B. Lagekarte) nur sehr begrenzt genutzt wird, Automaten gibt es quasi gar nicht. Zusätzlich entstehen in den letzten Jahren vermehrt mobile Systeme für Führungskräfte, die allerdings meist für abgegrenzte Aufgaben wie die Dokumentation der Verletzten bei der Sichtung oder an einer räumlichen Struktur vorgesehen sind.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es mobile Systeme für die Entscheidungsfindung der Führung, sei es in der Forschung oder im Produktiveinsatz, bislang höchstens ansatzweise gibt und dass selbst aktuelle stationäre Systeme in Bezug auf die Entscheidungsfindung zumeist lediglich in der Form unterstützen, dass sie Informationen visualisieren. In Bezug auf Automation und selbst Assistenzfunktionalität gibt es – wenn überhaupt – lediglich einfache und rudimentäre Umsetzungsansätze – zu nennen ist vor allem die Unterstützung bei der Fahrzeugauswahl nach Entfernung.

## 8 Konzeption des Gesamtsystems

Im Rahmen dieser Arbeit wird anhand der aus den Analysen und dem Stand der Technik gewonnenen Erkenntnisse ein Gesamtsystem für den MANV entwickelt. Dieses wird als zentrales System ein Führungskräfte-Unterstützungssystem (FUS) enthalten, das insbesondere der Untersuchung von Automation im Rahmen dieser Arbeit dient.

Für eine Automatisierung reicht es nicht aus, nur das FUS zu betrachten. Die Organisation beim MANV und insbesondere die Entscheidungsfindung können für viele der in Abschnitt 5.2.2 genannten Aufgaben nur auf Basis konkreter Informationen, etwa zu Fahrzeugen und Verletzten, erfolgen. Theoretisch ist die manuelle Eingabe durch die Führungskräfte oder das Unterstützungspersonal wie bei den meisten der derzeit im Einsatz befindlichen Systeme denkbar (siehe Abschnitt 7.5), wobei sie in der Praxis einige Nachteile aufweist:

- **Fehlende Aktualität und Zeitverzögerung:** Die Daten müssen zuerst übermittelt (z.B. in Listenform oder über Funk) und dann eingetragen werden.
- **Aufwand:** Die manuelle Eingabe der Daten erfordert viel Zeit und bindet Personal.
- **Fehlende Genauigkeit:** Oftmals ist eine exakte Eingabe zu langwierig, beispielsweise, wenn viele Informationen zu Fahrzeugen oder Verletzten vorliegen.
- **Fehlerhafte Daten:** Sowohl bei der Übermittlung als auch bei der Eintragung können Fehler passieren, die sich dann im System wiederfinden (z.B. fehlerhafte Nummern).

Wenn das System mit Wissen über die Einschränkungen manuell als Übersicht für die Planung, im Rahmen der Umsetzung der Planung und zur Dokumentation genutzt wird, kann es trotz dieser Nachteile nutzbringend sein, insbesondere da die alternative Papierform diese Nachteile ebenfalls oder sogar in noch stärkerer Form aufweist (z.B. in Bezug auf die Duplikation von Informationen oder die Korrektur fehlerhafter Einträge). Alle genannten Faktoren sind dagegen offensichtlich besonders kontraproduktiv, wenn Automation untersucht werden soll, da diese auf genauen und vollständigen Informationen basieren müssen, die in Echtzeit (siehe Kapitel 1) vorliegen. Dabei dürfte die angemessene Zeit im niedrigen Sekundenbereich liegen, wie aus den Zeiten der Vorsichtung (siehe Abschnitt 5.2.3) und dem zeitlichen Gesamtkontext (siehe Abschnitt 4.2) abzuleiten ist. Entsprechend gehört in diese Arbeit auch die Betrachtung von Anwendungen für Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion. Mit der Einbettung in ein Gesamtsystem für den MANV wird die manuelle Eingabe von Daten in aller Regel durch automatische Datenübertragung ersetzt, kann aber als Rückfallebene dienen (siehe Abschnitt 8.5). Für Evaluations-, Test- und Demonstrationszwecke kann auch mit simulierten Daten gearbeitet werden, weshalb in dieser Arbeit Simulationskomponenten (siehe Abschnitt 8.9) implementiert werden. Als alternative Möglichkeit

zur Sammlung von Daten für diese Zwecke werden Trainings von Rettungskräften betrachtet (siehe Abschnitt 8.10).

Bei der Konzeption des MANV-Gesamtsystems, nachfolgend „MANV-System“ genannt, werden Überlegungen wie die Wahl der Geräte und insbesondere das Zusammenspiel verschiedener Systemkomponenten und damit verbundene konzeptionelle Überlegungen wie das Netzwerk und der Datenfluss erarbeitet. Das FUS wird darin integriert ab Abschnitt 8.3 konzipiert.

Ständig mitberücksichtigt wird die Gebrauchstauglichkeit inklusive der Dialoggrundsätze gemäß der zur Zeit der Konzeption aktuellen Normfassung DIN EN ISO 9241-110:2006, welche die Aufgabenangemessenheit, Steuerbarkeit, Erwartungskonformität, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Individualisierbarkeit, Lernförderlichkeit und Fehlertoleranz sind (siehe Abschnitt 1.4). In sicherheitskritischen Systemen muss jedoch die Individualisierbarkeit kritisch betrachtet werden, „*da die Nutzer möglicherweise eine ungeeignete Darstellung wählen*“ (König, 2012). Auch könnte sie die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Führungskräften (z.B. OrgL und LNA) beim gemeinsamen Blick auf die Benutzungsoberfläche erschweren, was die Bildung einer Team SA (siehe Abschnitt 3.4.3) erschweren dürfte. Entsprechend ist entschieden worden, dass auf Individualisierbarkeit explizit verzichtet werden solle. Bei einer Konzeption einige Jahre später wäre mit DIN EN ISO 9241-110:2020 anstelle der Individualisierbarkeit das weniger problematische Kriterium der Benutzerbindung hinzugekommen.

## 8.1 Auswahl der genutzten Geräte für das Gesamtsystem

Kapitel 7 zeigt die genutzten Geräte in Forschungsprojekten und im realen Einsatz. Diese reichen von eigens für den Zweck entwickelten Speziallösungen wie den Vorsichtungsgeräten von RescueWave (siehe Abschnitt 7.4.5) bis zu Smartglasses in Forschungsprojekten (siehe Abschnitt 7.2.3). In den nachfolgenden Abschnitten werden potenziell nutzbare Geräte weiter betrachtet und die Entscheidung für bestimmte Gerätearten begründet. Analog zur Argumentation in Abschnitt 7.1 werden auch hier bereits genutzte Arbeitsmittel wie Funkgeräte nicht betrachtet, sondern erst bei der Architektur für das MANV-System in Abschnitt 8.2 einbezogen.

### 8.1.1 Potenzielle Geräte für das MANV-System

In diesem Abschnitt wird geklärt, welche Geräte im MANV-System zum Einsatz kommen sollen. In Abschnitt 4.1.4 wurde bereits in Bezug auf die Strukturen festgestellt, dass der Einsatz stationärer Geräte grundsätzlich am BHP oder im ELW möglich wäre. Für beides kämen auch mobile Geräte in Frage, sodass anhand der Aufgaben abgewogen werden sollte. Die Nutzung stationärer

Geräte für eine Aufgabe bedingt, dass sich die Einsatzkraft, die diese Aufgabe erledigt, dauerhaft an dem Ort aufhalten kann oder dass eine Aufgabe bei unterschiedlichen Benutzern im Sinne der Benutzermobilität, wie in Abschnitt 4.1.4 eingeführt, immer am selben Ort anfällt. Als stationäre Geräte werden fest installierte Desktop-Computer oder Laptops betrachtet. Dabei wird angenommen, dass sich Laptops für den mobilen Einsatz kaum eignen, da sie sich nur mit einer Ablagefläche praktikabel bedienen lassen.

Abgesehen von den oben genannten Einsatzbereichen ist vor allem die Nutzung mobiler Geräte im MANV vielversprechend, wie bereits in Kapitel 1 vermutet und in Abschnitt 7.4.1 und 7.4.2 bestätigt. In Bezug auf diese mobilen Geräte können sich unterschiedliche Anforderungen ergeben. Daher werden nachfolgend die Charakteristika unterschiedlicher Geräte genannt. Auf dieser Basis wird in den nachfolgenden Abschnitten die Entscheidung für Gerätearten gefällt.

- **Tablets** haben eine im Vergleich zu anderen mobilen Geräten recht große Anzeige, deren Format der von Computerbildschirmen ähnelt. Robuste Tablets sind verfügbar und teilweise bereits im Rettungsdienst eingeführt (siehe Abschnitt 7.3.1). Tablets müssen in der Hand oder einer Tasche getragen werden, wobei derzeitige Taschen der Einsatzkleidung in der Regel zu klein sind (Selbstversuch). Eine Trageweise durch Befestigung mittels eines Bandes erscheint aufgrund der Größe und des Gewichts als eher unpraktikabel. Tablets ermöglichen die Eingabe von Informationen mittels Bildschirmberührung und/oder Stift, wobei beide Hände benötigt werden. Eine Spracheingabe wäre möglich, ist aber wegen teils massiver Umgebungsgeräusche bei gleichzeitig großem Abstand zwischen dem Mund des Nutzers und dem Gerät nur begrenzt sinnvoll. Tablets können mit Fotokameras oder Lesegeräten für Codes oder RFID-Tags versehen sein. Bei einigen Modellen lässt sich auch eine Tastatur anschließen. Das Lesen von Informationen und die Eingabe sind grundsätzlich im Stehen oder Sitzen möglich.
- **Smartphones** haben eine im Vergleich zu Tablets kleinere Anzeige. Das Format ist länglich und kann als Hoch- oder Querformat genutzt werden. Als Eingabe ist vor allem die Bildschirmberührung üblich, ferner ist oft eine Sprachsteuerung realisiert. Smartphones können einhändig bedient und in Taschen der Einsatzkleidung verstaut werden. Das Gehen während der Betrachtung oder Bedienung ist problematisch. Bei der Konzeption wird die aktuelle Nutzung von Smartphones im MANV, wie in Abschnitt 5.2.4 beschrieben nicht einbezogen, da sie in aller Regel lediglich informell passiert und teils auf den Mangel angepasster Systeme zurückgeführt werden kann.
- **Smartglasses** sind interaktive Datenbrillen. Sie fallen unter die Wearables (siehe Abschnitt 4.3). Sie können einen Bildschirm im Sichtfeld des Benutzers oder außerhalb haben, im letztgenannten Fall muss dieser für die Informationserfassung ein wenig nach

oben oder unten schauen. Sie können damit eng verbunden entweder die Realität mit zusätzlichen in die Welt eingebetteten Informationen anreichern oder lediglich der Informationsdarstellung dienen (siehe Abschnitt 7.2.3). Die Anzeige zur Informationsdarstellung ist klein, aber der Benutzer kann während der Erfassung einfache Tätigkeiten durchführen und auch gehen. Gleichzeitig kann er Smartglasses dauerhaft tragen, ohne sie in der Hand halten zu müssen. Die Informationseingabe erfolgt üblicherweise durch Berührung des Brillenbügels (z.B. Google Glass oder Vuzix M300) oder mittels einer Fernbedienung (z.B. Epson Moverio BT-200 oder Microsoft HoloLens), typisch sind auch eine Sprach- oder Gestenerkennung. Anstelle von Smartglasses kann auch die Verwendung von Schutzhelmen mit Head-Up-Displays vorgesehen werden, insbesondere wenn diese Helme die bisher üblichen Schutzhelme für Feuerwehr und Rettungsdienst ersetzen (siehe Abschnitt 4.3; Berndt, 2015).

- **Smartwatches** sind ebenfalls Wearables und werden wie konventionelle Uhren am Handgelenk getragen. Sie ermöglichen die Informationsdarstellung auf einer Anzeige mit der Größe eines Uhrenzifferblatts. Der Bildschirm variiert zwischen quadratisch und rund. Die Erfassung von Informationen sollte durch kurzes Blicken auf die Smartwatch erfolgen können. Falls sie länger dauert, muss der Benutzer in der Regel stehen oder sitzen und seine bisherige Tätigkeit unterbrechen. Die Eingabe kann mittels Bildschirmberührung, oft auch mittels Spracherkennung, erfolgen.

Die genannten Geräteformen sind nicht abschließend für mobile Geräte. Insbesondere sind nur Gerätearten berücksichtigt, deren Entwicklungsstand ausreichend fortgeschritten ist, um den Einsatz im MANV sinnvoll zu prüfen und die eine Relevanz zu haben scheinen. Ein Beispiel für nicht betrachtete mobile Geräte sind Kleidungsstücke mit integrierten Computern. Die genannten mobilen Geräteformen lassen sich teils im Sinne einer „Cross-Device-Interaktion“ mit einer Geräteart als Eingabe und einer anderen als Ausgabe oder mit gleicher Funktionalität auf unterschiedlichen Gerätearten kombinieren (Scharf, Wolters, Herczeg & Cassens, 2013).

In den Abschnitten 8.1.2 bis 8.1.4 wird in Bezug auf die Benutzergruppen und räumlichen Strukturen analysiert, welche Gerätearten sinnvoll sind und genutzt werden sollen. Dabei wird bewusst teils abgewichen von Mentler (2015), der mit robusten Tablets eine Geräteklasse für alle Einsatzkräfte und sowohl im Regel-, als auch Ausnahmebetrieb im Sinne des in Abschnitt 1.4.1 vorgestellten Care&Prepare-Prinzips vorgesehen hat. Das Prinzip betrifft vor allem Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion (siehe Abschnitt 5.2.3). Für die VEL ist es unklar (siehe Abschnitt 5.2.1) für die ELRD weniger passend gemäß den Analysen in Abschnitt 5.2.2. Das bestätigt sich auch mit Blick auf die Interviews: „*Es muss [...] ein neues System werden, weil der OrgL mit dem individualmedizinischen Notfall erstmal nichts zu tun hat*“ (OrgL 1). Ein anderer OrgL meinte, dass ein

solches System höchstens noch auf Sanitätsdiensten auf Großveranstaltungen eingesetzt werden könnte: „*Wacken ist von Patientenzahlen her ein MANV.*“ Er schränkte jedoch ein, dass die Einsatzbilder verschieden seien und dass man in dem Fall das „*System auf beides passend machen*“ müsste (OrgL 4). Nachfolgend werden die Gerätearten für die VEL (siehe Abschnitt 8.1.2), die ELRD (siehe Abschnitt 8.1.3) und die Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion (siehe Abschnitt 8.1.4) analysiert.

## 8.1.2 Gerätearten für die Vorläufige Einsatzleitung

Bei Betrachtung der Aufgaben der VEL (siehe Abschnitt 5.2.1) fällt auf, dass sich diese viel an der Einsatzstelle bewegen muss, sei es zur Feststellung der Lage (A0.1), zur Einweisung und Aufgabenverteilung für die Fahrzeuge (A0.2), aber auch zur Raumordnung (A0.4). Es werden also mobile Geräte benötigt, die möglichst auch im Gehen bedient werden können. Diese Geräte können insbesondere Informationen von der Leitstelle anzeigen, Checklisten abbilden oder beim Verschaffen der Übersicht (zum Beispiel Schätzung der Verletztanzahl) helfen. Sie ersetzen damit papierbasierte Arbeitsmittel (siehe Abschnitt 5.2.4). Im Gegensatz zur Papierform kann insbesondere die Checkliste auch als Assistenzfunktionalität implementiert werden, indem das System die Bearbeitung durch Anzeige der jeweils nächsten notwendigen Schritte – gegebenenfalls abhängig von der Lage – unterstützt oder in kritischen Situationen den Benutzer warnt. Die Sinnhaftigkeit ergibt sich aus der Feststellung, dass ersteinreffende Rettungskräfte keine spezielle und über die für alle Rettungskräfte üblichen Inhalte hinausgehende Ausbildung für den MANV erhalten (siehe Abschnitt 6.1). Zudem können eingegebene Informationen wie die Verletztenanzahl direkt an die Leitstelle übertragen oder an die ELRD übergeben werden. Ein entsprechendes System wurde in einer Bachelorarbeit von Rück (2020) entwickelt. In der zugehörigen Evaluation haben alle elf Teilnehmer, die jeweils sanitäts- oder rettungsdienstliche Qualifikationen aufweisen konnten, die Verwendung einer entsprechenden App für die VEL im MANV als sinnvoll bewertet, wobei die konkrete Umsetzung weitere Untersuchungen erfordern würde.

Weitere Forschung oder eine genaue Systemkonzeption diesbezüglich sind aufgrund der Ausrichtung dieser Arbeit nicht erfolgt. Da Informationen der Leitstelle oder Anweisungen einer Checkliste sinnvollerweise kurz und prägnant darzustellen wären und nur in einem begrenzten Zeitbereich relevant sind (wenn sie zu erledigen und noch nicht erledigt sind), reicht ein kleiner Bildschirm aus. Smartglasses und Smartwatches würden es ermöglichen, die Informationen dauerhaft sichtbar darzustellen, während Tablets und Smartphones größere Einschränkungen in Bezug auf die Bewegung und Sichtbarkeit der Informationen mit sich brächten.

Bezüglich des Care&Prepare-Prinzips wurde in Abschnitt 5.2.3 für die Vorsichtung festgestellt, dass der Rettungsdienst aktuell sogar einen konträren Ansatz hat und gezielt spezielles Material vorsieht, um die Routine aus dem Regelbetrieb zu durchbrechen. Das ist übertragbar auf die VEL. Trotzdem erscheint es sinnvoll, Prinzipien wie die Systemgestaltung und Interaktionskonzepte beizubehalten. Der Autor dieser Arbeit schlägt in Berndt und Herczeg (2019a) als Lösung vor, dass ein System für den Individualnotfall angestrebt werden sollte, welches neben manueller Aktivierung automatisch in einen MANV-Modus wechseln kann. Indikationen für den Wechsel wären die Alarmierung der Leitstelle, wenn der MANV der Leitstelle bekannt ist, sowie die Eingabe einer Verletztenzahl oberhalb eines Schwellwerts bei der ersten Schätzung.

### 8.1.3 Gerätearten für die Einsatzleitung Rettungsdienst

Einige Aufgaben des OrgL (siehe Abschnitt 5.2.2) erfordern Mobilität (z.B. A1.1), Im Unterschied zur VEL überwiegen aber deutlich organisatorische Aufgaben ohne festen Ortsbezug. Als Beispiele seien die Festlegung von Einsatzabschnitten und Einsatzprioritäten (A1.2), die Organisation der Behandlung und interner Transporte (A1.8) und der Transport der Verletzten in ein Krankenhaus gemäß Vorgaben des LNA (A1.9) genannt. Dabei geht es vor allem darum, relevante Informationen zu sammeln und zu sichten und auf Basis dieser zu entscheiden. Der LNA wird sich entsprechend der Aufgaben eher mobil in der Nähe der Verletzten aufhalten (z.B. A2.5 bis A2.8). Allerdings hat auch er Aufgaben, die vor allem auf erhaltenen Informationen basieren und komplex sein können (z.B. A2.1 bis A2.4). Die ELRD kann einen ELW nutzen, sodass stationäre Systeme denkbar sind (siehe Abschnitt 8.1.1). Wie in Abschnitt 4.2.2 beschrieben, trifft dieser allerdings meist einige Zeit nach OrgL und LNA ein. Wenn diese ein Computersystem für die Führung auch in frühen Phasen erhalten, muss es daher mobil sein.

Im späteren Verlauf können die Führungskräfte abhängig vom Führungsstil und der Situation stationär führen oder weiterhin mobil unterwegs sein – ein System sollte also beides ermöglichen. Insbesondere bei größeren MANV wird die ELRD verschiedene Aufgaben abgeben. Das geschieht einerseits, indem Führungskräfte für Einsatzabschnitte oder räumliche Strukturen vorgesehen werden (siehe Abschnitt 2.3.1) und andererseits, indem Aufgaben durch Personal zur Führungsunterstützung durchgeführt werden. Damit sinkt die Komplexität (siehe Abschnitt 6.1). Personal zur Führungsunterstützung arbeitet tendenziell im ELW und damit stationär, die anderen Führungskräfte können entweder stationär arbeiten (zum Beispiel am Behandlungsplatz und dort gegebenenfalls in einem ELW, wie in Abschnitt 4.1.4 aufgezeigt), oder mobil.

Die Ausführungen zeigen, dass grundsätzlich ein mobiles System benötigt wird. Da sowohl der LNA als auch der OrgL tendenziell komplexe organisatorische Aufgaben mit vielen zu

visualisierenden Informationen zu erledigen haben, erscheinen vor allem Tablets als geeignet. Diese haben den weiteren Vorteil, dass die Ansichten in ähnlicher Form auch auf Desktop-Computern angezeigt werden können. So kann die Anwendung bei entsprechender Realisierung auch stationär im ELW weitergenutzt werden. Wenn alle Führungskräfte am Einsatzort eine konsistente Anwendung haben, dürfte das den Austausch und die Verständigung vereinfachen.

Unbeschadet der obigen Argumentation könnten auch bei Führungskräften Smartglasses und Smartwatches für einige Zwecke, wie etwa Assistenzfunktionalität oder Kommunikation ergänzend zum Tablet sinnvoll sein – etwa zur dauerhaften Visualisierung von Informationen oder Warnungen. Hinweise dazu liefert die Masterarbeit des Autors dieser Arbeit (Berndt, 2015). Dieser Aspekt wäre weiter zu untersuchen, geht aber über den Rahmen dieser Arbeit hinaus.

#### 8.1.4 Gerätearten für die Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion

Die Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion führen vor allem praktische Aufgaben durch (siehe Abschnitt 5.2.3). Computersysteme sind für die Dokumentation derselben notwendig, könnten aber auch zur Auftragszuweisung und zur Assistenz (etwa mit Checklisten oder Algorithmen) dienen. Bei vielen Aufgaben müssen die Hände für die Aufgabe benutzt werden, etwa zur Untersuchung und Behandlung der Verletzten (A3.4). Bei anderen Aufgaben sind sie über längere Zeit gebunden, etwa beim Transport von Verletzten (A3.5) durch Halten der Trage. Teilweise steht auch nur eine Hand zur Verfügung, da die andere zum Festhalten benötigt wird. So berichtet Bracht (2017) zum Eisenbahnunfall von Bad Aibling bezüglich der Vorsichtung, dass *„oftmals nur eine Arbeits-hand für Untersuchung und Anbringen von Verletztenanhängerkarten zur Verfügung stand und durch die Schräglage der Waggon eine Hand zur Eigensicherung verwendet werden musste“*. Aufgrund der genannten Eigenschaften eignen sich in diesen Fällen Geräte wie Smartglasses und Smartwatches eher als Tablets oder Smartphones. Mit Hinblick auf eine Annäherung an die Individualversorgung ist bei der Patientendokumentation beim kleinen MANV oder in späteren Phasen am Behandlungsplatz eine ausführliche Dokumentation nötig (vergleiche Abschnitt 5.2.4). Hierfür ist wegen der Anzeigefläche und der Interaktionsformen zumindest ein Tablet nötig, womit ein Anknüpfungspunkt zu aktuellen Patientendokumentationssystemen für den Individualnotfall gesehen werden kann (siehe Abschnitt 7.3.1).

In Bezug auf die Mobilität kann festgestellt werden, dass die Notwendigkeit dafür mit dem zeitlichen Verlauf und den entsprechenden räumlichen Strukturen (siehe Abschnitt 4.1.3) sinkt. Im SG müssen die Einsatzkräfte schnell zwischen den Verletzten wechseln, etwa bei der Vorsichtung (A3.2). An der PA erfolgt ebenfalls eine eher rudimentäre, schnelle Behandlung und die Betreuung vieler Verletzter durch wenige Einsatzkräfte. Gleichzeitig ist der Dokumentationsaufwand

gering. Im Gegensatz dazu erfolgt am BHP eine umfangreichere Behandlung mit entsprechend aufwändigerer Dokumentation. Die zugeordneten Einsatzkräfte sind dabei regelmäßig nur für einen definierten Bereich (z.B. ein Behandlungszelt) oder einige Verletzte zuständig. Während die Mobilität und der verhältnismäßig geringe Dokumentationsbedarf im SG und an der PA für die Nutzung von Smartglasses und Smartwatches sprechen, könnte am BHP ein Tablet genutzt werden, um dem höheren Dokumentationsaufwand Rechnung zu tragen.

Der Vollständigkeit wegen kann nicht unerwähnt bleiben, dass beim BHP bezüglich des ohnehin vorhandenen Aufbauaufwands, der Zuordnung spezieller Gerätewagen mit Material und der Verfügbarkeit von Strom auch stationäre Geräte denkbar wären (vergleiche Abschnitt 8.1.1). Diese würden sich für Aufgaben eignen, die nur an einem Ort stattfinden, so beispielsweise vor allem die Sichtung am Eingangsbereich (siehe Abschnitt 4.1.3). Der Einsatz stationärer Systeme gegenüber etwa einem Tablet muss jedoch gut überlegt werden in Hinblick auf den erhöhten Aufbauaufwand und einen eventuellen Medienbruch. Denkbar wären auch zusätzliche Systeme wie Bildschirme in den Behandlungszelten, mit denen bereits vorab Informationen zu eintreffenden Verletzten oder zum Transport visualisiert werden, so dass die Einsatzkräfte vorbereitend tätig werden können. Genauere Untersuchungen dazu wären notwendig, wobei geprüft werden müsste, inwiefern Benutzermobilität notwendig wäre. Die weitergehende Betrachtung der Aspekte ist für Automation als zentrales Thema dieser Arbeit jedoch nicht zielführend.

Insgesamt sind bei den Einsatzkräften ohne Führungsfunktion für die MANV-spezifischen Aufgaben also vor allem Technologien wie Smartglasses und Smartwatches interessant, für die spätere genaue Patientendokumentation wie im Individualnotfall Tablets. In dieser Arbeit soll davon ausgegangen werden, dass die Einsatzkräfte mit Tablets und mindestens einer Form der Wearables ausgestattet werden. Das System soll sich über diese Geräteformen erstrecken, indem die Wearables die Darstellung des Tablets durch Anzeige der wichtigsten Informationen oder Warnungen ergänzen und zusätzliche Eingabemöglichkeiten bereitstellen. Ein zu untersuchender Aspekt wäre insbesondere die Cross-Device-Interaktion (vergleiche Abschnitt 8.1.1). So sieht der Autor etwa eine Ergänzung der omnipräsenten Anzeige von Smartglasses mit den gesichtsfernen Touchscreen-Interaktionsmöglichkeiten einer Smartwatch als zielführend an (Berndt & Herczeg, 2019b). Die genutzten Geräte sollen gleichzeitig auch für Individualnotfälle genutzt werden. Damit ist das Care&Prepare-Prinzip einhaltbar, wenn eine passende Abbildung der Aufgaben des MANV zum Individualnotfall geschieht (siehe Abschnitt 1.4.1 und 5.2.1).

Die Überlegungen zeigen einen Zusammenhang zu den räumlichen Strukturen (siehe Abschnitt 4.1.3) auf. Zusammengefasst können für die Aufgaben im SG, an PA und beim Transport Smartglasses und Smartwatches als primär genutzte Geräte vorgesehen werden, wobei die Informationen zugleich auf einem Tablet verfügbar wären. Für die umfangreichere Behandlung am BHP

wären dagegen Tablets als primäres Gerät sinnvoll, wobei Wearables der zusätzlichen Anzeige von Warnungen, wichtigen Informationen oder Assistenzfunktionen dienen könnten.

### 8.1.5 Digitalfunkgeräte

Zusätzlich zu den bereits betrachteten Computersystemen werden in diesem Abschnitt Funkgeräte als konventionelle digitale Arbeitsmittel betrachtet, da sie eine Relevanz für das MANV-System haben. Wie in Abschnitt 5.2.4 beschrieben, muss zwischen Fahrzeugfunkgeräten und Handfunkgeräten unterschieden werden. Bei Fahrzeugfunkgeräten ist neben der Sprachkommunikation die Nutzung des FMS mit Statustasten weit verbreitet, mit dem sich der Auftragsstatus übertragen lässt (siehe Abschnitt 5.2.4). Das FMS kann jedoch grundsätzlich nicht auf Missionen am Einsatzort bezogen werden, da hier fortlaufend der Status 4 „Ankunft am Einsatzort“ gültig ist. Eine veränderte, einsatzortbezogene Nutzung der Statustasten ist technisch mit aufwändiger Technik im ELW möglich, wie der Autor dieser Arbeit bei einem großen Sanitätswachdienst erfahren und ausprobieren konnte. Diese Möglichkeit soll in dieser Arbeit nicht weiter betrachtet werden, da sie erst spät in der Reorganisationsphase zum Tragen käme. Stattdessen müssen missionsspezifischen Angaben am Einsatzort von anderen Geräten stammen. Handfunkgeräte werden als Kommunikationsmittel hingegen weiter vorgesehen, auch wenn deren Aufgaben perspektivisch eventuell auch in andere mobile Geräte integriert werden können. Relevant für diese Arbeit ist dagegen die Möglichkeit der Übertragung der GPS-Position des jeweiligen Fahrzeugs, prinzipiell auch einzelner Einsatzkräfte (siehe Abschnitt 5.2.4).

## 8.2 Architektur für das MANV-System

Die Architektur für das MANV-System wird auf Basis der in Abschnitt 8.1 festgelegten Gerätearten für unterschiedliche Benutzer, Strukturen und Aufgaben entworfen.

Aus den Analysen und dem Stand der Technik, insbesondere in Abschnitt 7.4.5, lässt sich ableiten, dass eine Datenübertragung zwischen den einzelnen Systemkomponenten wichtig ist. Allgemein erscheint es sinnvoll, dass alle Geräte Informationen sowie die Position übertragen können, sodass diese für die Führung und letztlich auch für die Automation bereitstehen; notwendig ist also ein Netzwerk. Im Gegenzug soll die Auftragsvergabe durch die Führung ebenfalls übertragen werden, sodass Aufträge auf den Systemen der Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion angezeigt werden können. Als Grundlage für die weiteren Überlegungen wird in Abbildung 25 eine Architektur dargestellt, die das Netzwerk mit den Systemkomponenten und dem Datenfluss enthält. Sie wurde in englischer Sprache bereits von Berndt und Herczeg auf einer Konferenz vorgestellt und

diskutiert (2019b). Weitere Überlegungen zum Netzwerk werden nach der Beschreibung der Funktionalität (siehe Abschnitt 8.4) in Abschnitt 8.5 dargestellt.

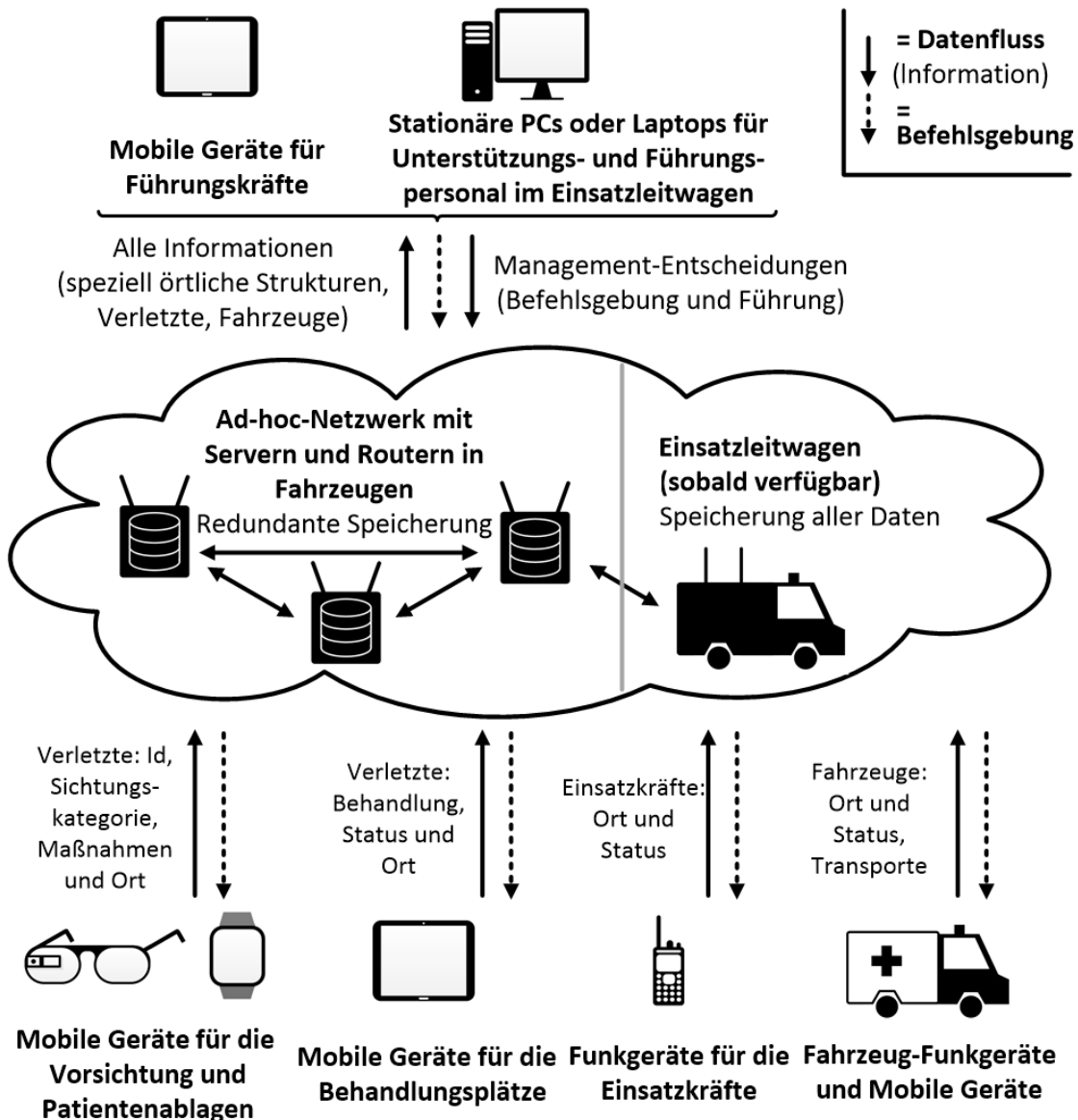


Abbildung 25: Architektur des Gesamtsystems für den MANV, siehe auch Berndt & Herczeg (2019a).

### 8.3 Grundannahmen zum FUS

Entsprechend der Fokussierung dieser Arbeit ist die Konzeption der Funktionalität für die ELRD besonders entscheidend und zugleich vergleichsweise komplex. In diesem Abschnitt werden aus Analysen die wesentlichen Grundlagen für das FUS abgeleitet:

- **Zeitliche Einordnung:** Relevant sind der Übergang von der Chaosphase in die Reorganisationsphase, die Reorganisationsphase selbst sowie die Räumungsphase (siehe Abschnitt 4.2.2).

- **Benutzer:** Die Führungskräfte des Rettungsdienstes sind in erster Instanz der OrgL und der LNA (siehe Abschnitt 2.2.1). Mit seinen organisatorischen Aufgaben wird der OrgL der Hauptbenutzer des FUS sein (siehe Abschnitt 5.2.2). Die Aufgaben des OrgL und damit die Systembenutzung können auch von Personal zur Führungsunterstützung übernommen werden (siehe Abschnitt 2.3.1). Weitere Benutzer können nachgeordnete Führungskräfte im organisatorischen Bereich, beispielsweise die Leiter von Strukturen wie dem Behandlungsplatz (siehe Abschnitt 2.3) sein. Je nach Aufgabe reichen für diese Teile des Systems aus, sodass eine Rechteverwaltung mit Rollen sinnvoll wäre.
- **Mobilität:** Das System soll komplett sowohl im mobilen als auch im stationären Kontext einsetzbar sein (siehe Abschnitt 8.1.3). Damit geht die Mobilität über den Stand der Technik in Form bisheriger Systeme hinaus, bei denen höchstens Teilsysteme (etwa für den BSR) mobil sind (siehe Abschnitt 7.4.2).
- **Endgeräte:** Die Software soll auf Tablets, Laptops und stationären PCs lauffähig sein. Deren Seitenverhältnis liegt meist zwischen 4:3 und 16:9 und entspricht damit ungefähr dem Format der derzeit häufig genutzten DIN A4-Blätter ( $\sqrt{2};1$ , bzw. 16:11,3). Die Größe eines DIN A4-Blatts (29,7x21cm) wird beispielsweise im Format 16:10 mit 14 Zoll angenähert erreicht (in der Diagonale 35,56cm, ergibt ca. 30x19cm). Laptops und stationäre Computer sind meist größer, Tablets oft kleiner. Die Größe eines Tablets kann als akzeptabel angenommen werden, da es in den Abmessungen meist maximal einem DIN A4-Klemmbrett und damit aktuellen Arbeitsmitteln entspricht. Kleinere mobile Geräte bieten zu wenig Platz für organisatorische Aufgaben, könnten aber im Nachhinein zur zusätzlichen Visualisierung von Informationen angedacht werden (insbesondere Smartglasses und Smartwatches, siehe Abschnitt 8.1.1). Laptops und stationäre PCs würden vor allem im stationären Kontext (ELW) oder auf Tischen an räumlichen Strukturen genutzt (z.B. Laptop am BHP). Stationäre Computersysteme müssen dabei nicht zwangsweise Desktop-Computer sein, sondern können auch in Form von beispielsweise Multitouch-Tischen im ELW vorliegen. Die Größe der Bildschirme und die Auflösung können variieren. Für diese Arbeit wird das Format auf 4:3 bis 16:10 eingegrenzt und eine Mindestauflösung von 1024\*768 angenommen.
- **Bedienung:** Für stationäre Systeme reicht die Berücksichtigung von Tastatur und Maus aus. Für Tablets soll sowohl die Interaktion mittels Berührung als auch mittels Stifts bedacht werden, da der Stand der Technik in Bezug auf Vor- und Nachteile uneindeutig ist (siehe Abschnitt 7). Für Führungskräfte scheint eine handfreie Bedienung nicht notwendig zu sein, da parallel keine Aufgaben mit den Händen zu erledigen sind und es in den

meisten Fällen auch keinen direkten Patientenkontakt geben wird. Das System muss jedoch mit Einmalhandschuhen bedienbar sein (siehe Abschnitt 4.3).

Die genannten Grundannahmen schließen nicht aus, dass das FUS über die Grundfunktionalität hinaus Optionen anbietet, die nur mit speziellen Geräten oder abweichenden Interaktionsformen nutzbar sind. So könnten beispielsweise interaktive Tische einen speziellen Planungsmodus anbieten, bei dem die örtliche Planung von Fahrzeugen oder Strukturen mittels realer Objekte vorgenommen werden kann, die auf der Unterseite einen computerlesbaren Code zwecks Erkennung der Position und Orientierung auf dem Bildschirm haben („Fiducial-Marker“). Im Vergleich zu den in Abschnitt 5.2.4 beschriebenen ähnlich funktionierenden taktischen Lagekarten würde sie dann direkt im Computersystem vorliegen und nutzbar sein, ebenso könnte der Computer vor der Ausführung Informationen (wie zum Beispiel eine Zeitschätzung) oder eine Bewertung berechnen und darstellen. Der Vorteil einer solchen Lösung im Vergleich zu einer rein computerbasierten Lagekarte wäre, dass eine zusätzliche Codierungsebene für Informationen geschaffen wird, da etwa Formen und Farben in taktischen Lagekarten bereits verwendet werden. So könnten Lagekarten dann den Ist-Stand (Computervisualisierung), den aktuellen Befehlsstand (Codierung etwa mit Pfeilen für die Bewegung, gestrichelt für aufzubauende Strukturen) sowie den Planungsstand (Fiducial-Marker) erkennbar machen. Das FUS soll aus mehreren Gründen modular in Einzelkomponenten entwickelt werden:

- Die Aufgaben der ELRD lassen sich inhaltlich gruppieren, wie die Beschreibung in Abschnitt 5.2.2 zeigt. Dabei lässt sich feststellen, dass diese Gruppierungen teilweise in Module überführt werden könnten, wie etwa ein Verletzten- oder ein Lagemodul.
- Eine modulare Aufteilung kann es ermöglichen, bei der Delegation von Aufgaben an weitere Führungskräfte oder an Unterstützungspersonal (siehe Abschnitt 5.2.2) nur die relevanten Systemteile für den jeweiligen Benutzer freizuschalten. Sie ermöglicht also die Erweiterung um eine Rollen- und Benutzerverwaltung.
- Sowohl die vielfach verwendeten Papierlisten als auch einige der bereits bestehenden Systeme im Stand der Technik (siehe Abschnitt 7.4) haben eine klare Trennung zwischen Verletzten und Fahrzeugen, die durch Module umgesetzt werden kann.

Ein modularer Aufbau wurde auch in den Interviews von einem OrgL vorgeschlagen (siehe Abschnitt 5.2.2). In der Aussage ging es jedoch vor allem um die flexible Anpassung an verschiedenartige Einsätze. Dieser Aspekt geht zwar über die genannte Modularität hinaus, da diese nicht bedingt, dass Module vom Benutzer zu- oder abschaltbar sind, lässt sich aber in einem modular geplanten System perspektivisch berücksichtigen. Die modulare Aufteilung ermöglicht des Weiteren die gleichzeitige oder getrennte Weiterentwicklung von Modulen, beispielsweise in

Qualifizierungsarbeiten (siehe Abschnitt 10.2.4). Die Konzeption der Module erfolgt in Abschnitt 8.4.3, die der Benutzer- und Rollenverwaltung in Abschnitt 8.7.

## 8.4 Konzeption der Funktionalität

Im Folgenden werden aus den in Abschnitt 5.2 genannten Aufgaben die Funktionalitäten für das FUS abgeleitet. Dabei werden nur solche Aufgaben betrachtet, die für die Führung relevante Daten erzeugen. Gleichzeitig werden die Orte, an denen die Funktionalität benötigt wird, und die gemäß Abschnitt 8.1 zugeordneten Geräte aufgeführt. Die Funktionalitäten lassen sich aufteilen in Funktionalitäten für Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion (F1) und Führungskräfte an den Strukturen (F2). Dazu zählen zudem Aufgaben der VEL (F0). Schließlich wird die Funktionalität für die ELRD im Abschnitt 8.4.3 konzipiert.

### 8.4.1 Funktionalität für die Vorläufige Einsatzleitung

Die Funktionalität für die VEL wird aus der Aufgabenanalyse in Abschnitt 5.2.1 abgeleitet, wobei die entsprechenden Aufgabennummern nachfolgend in Klammern genannt sind:

#### **F0.1: Erste Lagemeldungen bekanntgeben (A0.1)**

Funktionalität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lageeinschätzung eintragen (z.B. Gefahren, Besonderheiten)</li> <li>• Erste Schätzung der Verletztanzahl eintragen</li> <li>• Bei Bedarf weitere Informationen eintragen</li> <li>• Versenden der Daten</li> </ul>
Daten	Informationen zur Lage und Verletztanzahlen der SKs, weitere Informationen, Durchführender, Zeit (einmalig)
Orte	SG
Geräte	Primär: Smartglasses und Smartwatches, sekundär: Tablet

#### **F0.2: Aufstellposition für Fahrzeuge und weitere Orte festlegen (A0.2, A0.4)**

Funktionalität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Typ der räumlichen Struktur (z.B. BSR) auswählen</li> <li>• GPS-Position festlegen</li> <li>• Versenden der Daten</li> </ul>
Daten	Strukturtyp, GPS-Position, Durchführender, Zeit (einmalig pro Position)

Orte	SG
Geräte	Primär: Smartglasses und Smartwatches, sekundär: Tablet

### **F0.3: Missionsvergabe an Fahrzeuge (A0.2, A0.3)**

Funktionalität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fahrzeug auswählen und Mission festlegen</li> <li>• Versenden der Daten</li> </ul>
Daten	Fahrzeug-ID, Mission, Missionsdetails, Zeit (einmalig)
Orte	SG
Geräte	Primär: Smartglasses und Smartwatches, sekundär: Tablet.

## 8.4.2 Funktionalität für Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion

Die Funktionalität für Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion ergibt sich aus Abschnitt 5.2.3:

### **F1.1: Anfahrt mit Fahrzeug zum Einsatzort (A3.1) und zum Krankenhaus (A3.6).**

Funktionalität	<p>FMS: Versenden von Statusinformationen zur Abfahrt (Status 3 und 7) beziehungsweise Ankunft (Status 4 und 8) per Tastendruck</p> <p>Ansatz für Automation: Vergleich der aktuellen Position (siehe F1.5) mit Koordinaten z.B. des Einsatzortes oder Krankenhauses</p>
Daten	Funkrufname, Statusinformation, Zeit
Orte	Anfahrtswege zu SG, BSR, RMHP, KH...
Geräte	Fahrzeugfunkgerät

### **F1.2: Vorsichtung (A3.2), Sichtungen (A3.3), Registrierungen (A3.10-A3.11), Untersuchungen und Behandlungen (A3.4)**

Funktionalität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhalten der ID der Verletztenanhängerkarte per QR-Code</li> <li>• Anzeige von Algorithmen und Ableitung von Daten aus diesen</li> <li>• Bereitstellung der manuellen Eintragung von Informationen</li> </ul>
----------------	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versenden der Daten</li> </ul>
Daten	ID, Verletztenkategorie, Informationen aus Algorithmen, weitere Informationen, Position, Durchführender, Zeit (einmal pro Durchführung)
Orte	SG, PA, BHP
Geräte	Primär: Smartglasses (Berndt, 2015) und Smartwatches <sup>54</sup> , sekundär: Tablet. Am BHP gemäß Abschnitt 8.1.4 umgekehrt.

### F1.3: Transport von Verletzten zwischen Strukturen (A3.5)

Funktionalität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhalten der ID der Verletztenanhängerkarte per QR-Code</li> <li>• Angabe des Status (Transport begonnen, Verletzter im Fahrzeug, angekommen, Verletzter übergeben)</li> <li>• Versenden der Daten</li> </ul> <p>Ansatz für Automation: Ankunft durch Positionsinformation, siehe F1.5</p>
Daten	ID, Transportinformation, Position, Durchführender, Zeit (einmal beim Start des Transports und bei Ankunft, für jeden Verletzten bei Verladung ins Fahrzeug und bei Übergabe des Verletzten)
Orte	SG zu PA, PA zu BHP, BHP zu RMHP
Geräte	Primär: Smartglasses und Smartwatches, sekundär: Tablet. Am BHP ggf. umgekehrt (siehe Abschnitt 8.1.4)

### F1.4: Einladen des Patienten zum Verletztentransport in ein Krankenhaus (A3.6)

Funktionalität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhalten der ID der Verletztenanhängerkarte per QR-Code</li> <li>• Angabe des Status (Verletzter im Fahrzeug)</li> <li>• Eintragen zusätzlicher Informationen (z.B. Krankenhaus)</li> </ul>
----------------	--

<sup>54</sup> Untersucht und prototypisch umgesetzt 2016 in einem Masterprojekt von Bartsch, Hiesener und Stahl unter Betreuung des Autors sowie Folgeprojekten (siehe Abschnitt 10.3.1).

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versenden der Daten</li> </ul> Hinweis: Abfahrt und Ankunft siehe F1.1
Daten (Zeit)	Funkrufname, Verletzten-ID, Informationen, Position, Zeit (einmal für jeden Verletzten bei Verladung ins Fahrzeug)
Orte	PA/BHP zu KH, ggf. PA zu KH
Geräte	Smartglasses und Smartwatches oder Tablet

#### **F1.5: Meldung der Position bei Fahrten zum oder am Einsatzort (diverse Aufgaben)**

Funktionalität	Automatisches Versenden der GPS-Position
Daten (Zeit)	ID, Position, Zeit (regelmäßig bis zur Ankunft und einmalig bei Ankunft)
Orte	Anfahrt zum Einsatzort, Fahrt zwischen räumlichen Strukturen
Geräte	Fahrzeugfunkgerät (alternativ KFZ-Ausstattung)

#### **F1.6: Meldung der Ankunft an einer Struktur (insbesondere A3.8 – A3.13)**

Funktionalität	Angabe der Ankunft Ansatz für Automation: Abgleich der GPS-Position (siehe F1.5)
Daten (Zeit)	ID, Position, Zeit (regelmäßig bis zur Ankunft und einmalig bei Ankunft)
Orte	Nahe einer räumlichen Struktur
Geräte	Primär: Smartglasses und Smartwatches, sekundär: Tablet.

#### **F1.7: Ankunftsmeldung für Fahrzeuge durch Führung der Struktur (A3.9)**

Funktionalität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhalten des Funkrufnamens per QR-Code</li> <li>• Versenden der Daten</li> </ul>
----------------	---

	Kann ersetzt werden durch F1.6
Daten (Zeit)	Funkrufname, Position, Durchführender, Zeit (einmalig bei Ankunft)
Orte	BSR, evtl. auch BHP/RMHP
Geräte	Primär: Smartglasses und Smartwatches, sekundär: Tablet.

#### **F1.8: Zuweisung Verletztentransport durch Führung der Struktur (A3.11)**

Funktionalität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhalten des Funkrufnamens per QR-Code</li> <li>• Erhalten der ID der Verletztenanhängekarte per QR-Code</li> <li>• Eintragen zusätzlicher Informationen (z.B. Krankenhaus)</li> <li>• Versenden der Daten</li> </ul>
Daten	Funkrufname, Verletzten-ID, Informationen, Position, Durchführender, Zeit
Orte	PA, BHP
Geräte	Primär: Smartglasses und Smartwatches, sekundär: Tablet.

### 8.4.3 Konzeption der Funktionalität für das FUS

Für das FUS wird anstelle der Funktionalität eine modulbasierte Konzeption gewählt, da die Aufgaben bereits im Wesentlichen die benötigte Funktionalität wiedergeben. Die benötigten Module leiten sich vor allem aus der Gruppierung der Aufgaben bei ihrer Beschreibung in Abschnitt 5.2.2 ab. Zudem fließen aktuelle Arbeitsmittel und der Stand der Technik ein (siehe Abschnitt 5.2.4 und Kapitel 7).

- **Fahrzeugverwaltung (FzgV) zum Management der Fahrzeuge:** Dieses Modul erfüllt vor allem die organisatorische Registrierung der Einsatzmittel (A1.6, A1.13). Eine Entsprechung gibt es sowohl in bestehenden Anwendungen (siehe Abschnitt 7.4.1), als auch in papierbasierten Arbeitsmitteln in Form von Listen (siehe Abschnitt 5.2.4). Das Modul setzt die Aufgabengruppierung „Führung der Einsatzkräfte“ für besetzte Fahrzeuge um (siehe Abschnitt 2.4), da es taktisch sinnvoll ist, Fahrzeugbesatzung und Fahrzeug beziehungsweise Einheiten (siehe Abschnitt 2.1.3) zusammen zu betrachten. Unklar bleibt, ob und wie Einsatzkräfte zu berücksichtigen sind, die nicht an ein Fahrzeug gebunden sind. Funktionalitäten sind neben der Verschaffung des Überblicks über Fahrzeuge die Nachforderung und Abbestellung bei der Leitstelle (A1.5). Das Modul soll zudem das Hinzufügen, Änderung und Löschen ermöglichen. Diese Funktionalitäten sind in einem integrierten Gesamtsystem konzeptionell zwar nicht notwendig, aber hilfreich, wenn

Systemteile ausfallen oder nicht wie geplant funktionieren (siehe Abschnitt 8.5). Eine weitere Kernfunktionalität des Moduls ist die Auftragsvergabe (insbesondere zur Abdeckung von A1.4, A1.7 – A1.9, A2.4).

Bei den Fahrzeugen sollen solche betrachtet werden, die als mit Einsatzkräften besetzt eingeplant sind. Dazu gehört beispielsweise ein Großteil der Transportfahrzeuge wie RTWs (siehe Abschnitt 2.4). Eine Betrachtung der einzelnen Einsatzkräfte wäre nicht sinnvoll, da mittels des Fahrzeugtyps mögliche Verwendungszwecke und die Qualifikation der Besatzung ermittelt werden kann. Trotzdem müssten Abweichungen angegeben werden können. Fahrzeuge ohne Personal können im MANV einerseits wegen des enthaltenen Materials (z.B. zur Behandlung) interessant sein und andererseits auch im Laufe des Einsatzes besetzt werden. Im erstgenannten Fall würde die Systemunterstützung eine Materialverwaltung bedeuten und liegt damit nicht im Fokus dieser Arbeit – weder die Sinnhaftigkeit noch eine Umsetzung werden betrachtet. Die Wiederbesetzung von Fahrzeugen ist insbesondere in Bezug auf Fahrzeuge für Transportaufgaben interessant (A3.5 und A3.6) und für das System relevant.

Eine Einschränkung ist, dass Hubschrauber nicht berücksichtigt werden. Diese sind zu verschieden zu den anderen Fahrzeugen, um als spezielles Fahrzeug integriert zu werden. Sie würden entweder einen wesentlichen Konzeptions- und Implementierungsbedarf in der FzgV oder sogar ein eigenes Modul benötigen.

- **Verletztenverwaltung (VerIV) als Übersicht über alle Verletzten:** Wie die FzgV entspricht auch dieses Modul den Papierlisten und bestehenden Anwendungen. Es schafft eine Übersicht über die Verletzten, die für die Aufgabengruppierung „Verletzte“ notwendig ist (siehe Abschnitt 5.2.2, A1.13). Zudem enthält es die Funktionalität für alle medizinischen Maßnahmen der ELRD (A2.1-A2.3, A2.5-A2.9).
- **Transportverwaltung (TpV):** Dieses Modul soll Daten aus der FzgV und VerIV in geeigneter Form anzeigen und damit die Zuordnung von Verletzten, Fahrzeugen und Zielkrankenhäusern oder räumlichen Strukturen im Vergleich zur Auftragsvergabe in der FzgV vereinfachen (A1.9). Ziel des Moduls ist also, eine effektive und effiziente Zuteilung zu ermöglichen. Ein ähnlicher Ansatz ist in der in Abschnitt 7.4.5 vorgestellten Anwendung „RescueWave“ zu finden. Die TpV erhält zudem als Funktionalität die Anzeige der Krankenhauskapazitäten (A1.13).
- **Karte:** In dieser Ansicht sollen Strukturen, Fahrzeuge und Verletzte angezeigt werden, um das räumliche Verständnis des MANV zu erhöhen. Die Karte ersetzt die teils praktizierte informelle Nutzung von Google Maps (siehe Abschnitt 5.2.4) sowie die Taktische Lagekarte in Papierform (siehe Abschnitt 5.2.4). Sie setzt die Aufgabe A1.2 um und hat Einfluss auf weitere Aufgaben, insbesondere bezüglich der Lage.

- **Dokumentation (Doku):** Die Ansicht dient der Anzeige und Bearbeitung der Dokumentation des Einsatzes, wobei die Eintragungen soweit möglich automatisch aufgenommen werden sollen (A1.15, A2.9). Sie kann während des Einsatzes dabei helfen, den Überblick zu behalten.

Zusammengefasst zeigt Tabelle 12, welche der in der Analyse identifizierten Aufgaben des OrgL mit welchem Modul komplett oder teilweise erledigt werden können.

<b>Aufgaben des OrgL</b>	<b>FzgV</b>	<b>VerlV</b>	<b>TpV</b>	<b>Karte</b>	<b>Doku</b>
A1.1 - Lagefeststellung				t	t
A1.2 - Abschnitte festlegen				x	
A1.3 - Strukturen einrichten				t	
A1.4 - Führung der Einsatzkräfte	x		t	t	
A1.5 - Abfrage von Ressourcen	x				
A1.6 - Org. Registrierung Einsatzmittel	x				
A1.7 - Org. Registrierung Verletzte	x	t			
A1.8 - Org. Behandlung und interne Transporte	x	t			
A1.9 - Organisation Transporte	t	t	x		
A1.10 - Aufbau Kommunikationsstrukturen				t	
A1.11 - Zusammenarbeit Organisationen				t	
A1.12 - Abfrage Krankenhauskapazitäten		t	x		
A1.13 - Übersichten führen	x	x		x	t
A1.14 - Logistik	x			t	t
A1.15 - Dokumentation des Einsatzes	t	t		t	x

Tabelle 12: Aufgaben des OrgL und Entsprechung der Module im FUS (x = komplett, t=teilweise).

In Tabelle 13 sind die Aufgaben des LNA den Modulen zugeordnet.

<b>Aufgaben des LNA</b>	<b>FzgV</b>	<b>VerlV</b>	<b>TpV</b>	<b>Karte</b>	<b>Doku</b>
A2.1 - Feststellung medizinische Lage		x			
A2.2 - Schwerpunkte medizinischer Einsatz		x		t	t
A2.3 - Klärung benötigte Mittel		x			
A2.4 - Führung medizinischer Einsatzkräfte	t				

A2.5 - Durchführung / Anordnung Sichtung	x	
A2.6 - Bestimmung Priorität Behandlung	x	
A2.7 - Festlegung medizinischer Behandlung	x	
A2.8 - Festlegung Transportmittel und -ziel	x	
A2.9 - Dokumentation med. Maßnahmen	x	x

Tabelle 13: Aufgaben des LNA und Entsprechung der Module im FUS (x = komplett, t=teilweise).

Um eine weitere Abdeckung der Aufgaben mit dem FUS zu erreichen, wäre die Integration weiterer Module notwendig (z.B. ein Modul für die Lageerkundung (A1.1) oder für die Kommunikation (A1.10). Ein Modul für die Strukturverwaltung könnte die Funktionalität von A1.3 und A1.10, A1.11 und A1.14 unterstützen, die sich aber auch teilweise mit der Karte erledigen lassen. Des Weiteren könnten mehr zusätzliche Module für dedizierte Aufgaben konzipiert werden, wie aktuell bereits das Modul TpV.

## 8.5 Überlegungen zur Verfügbarkeit und zum Netzwerk

Für das MANV-System sind – zumindest im Produktivbetrieb – die Verfügbarkeit ausreichend vieler Geräte sowie ein Datenaustausch zwischen den Geräten über ein Netzwerk notwendig. In diesem Abschnitt sollen Überlegungen skizziert werden, die zeigen, dass ein Einsatz eines Systems, wie es in dieser Arbeit entwickelt wird, im Produktivbetrieb realistisch möglich wäre.

### 8.5.1 Verfügbarkeit und Technikausfälle

Für die Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion wurden neben den ohnehin vorhandenen Funkgeräten mit FMS (F1.1) vor allem die Nutzung von Smartglasses und Smartwatches als sinnvoll eingeschätzt, die von Tablets als weniger beziehungsweise erst für eine umfangreiche Patientendokumentation in der späten Reorganisationsphase oder Räumungsphase (F1.2 – F1.4, F 3.1, siehe auch Abschnitt 8.1). Es wäre anzustreben, dass diese Geräte auch im Regelbetrieb verwendet würden, sodass die Bedienung im Ausnahmebetrieb des MANV routiniert erfolgen kann (siehe Abschnitt 8.1.4). Für den OrgL und LNA, für Führungskräfte, die von diesen per Delegation Teilaufgaben erhalten, sowie für die Führungskräfte der Strukturen (F1.3) wären Tablets notwendig. Alle Geräte müssten in den Fahrzeugen mitgeführt werden. Für die Ausstattung von RTWs mit Tablets gibt es bereits Lösungen (siehe Abschnitt 7.3.1), die zusätzliche Ausstattung mit Wearables dürfte wegen ähnlicher Anforderungen kein Problem darstellen. Zusätzlich ausgestattet werden müssten die Fahrzeuge des OrgL und LNA sowie die Gerätewagen Sanität für den BHP (siehe Abschnitt 2.1.3). Zur Aufladung und Ladeerhaltung der Akkus würden sie mit einem Ladegerät an die Fahrzeugbatterie angeschlossen, bei Bedarf können auch austauschbare Zusatzbatterien

oder alternativ Austauschgeräte vorgesehen werden. Beides wird derzeit schon unter anderem bei Funkgeräten praktiziert und ist praktikabel. Software-Updates könnten analog und zeitgleich zu (bereits erforderlichen) Software-Updates der Funkgeräte erledigt werden. Die Überlegungen bedingen, dass die Geräte ausreichende Werte in Bezug auf die Zuverlässigkeit, die Laufzeit und die Robustheit aufweisen, was zumindest 2015 für Smartglasses noch nicht ausreichend gegeben war (Berndt, 2015). Die Entwicklung dieser Geräte läuft allerdings weiter, neuere Modelle der Brillen (z.B. Vuzix M300) haben bereits bessere Eigenschaften. Falls Gerätearten die Bedingungen nicht erfüllen, sind sie durch andere zu ersetzen. So wären beispielsweise die Aufgaben am Schadensort und den Patientenablagen auch mit Tablets abbildbar, wobei dann einige der Vorteile aufgrund der Gerätecharakteristika verloren gingen.

Der Ausfall oder Defekt technischer Geräte kann nie ganz ausgeschlossen werden. In dieser Arbeit wird allerdings einerseits davon ausgegangen, dass als Rückfallebene weiterhin papierbasiert gearbeitet werden kann (siehe Abschnitt 8.6) und andererseits die Geräte redundant zueinander genutzt werden können. Da nur definierte Gerätearten vorgesehen sind (siehe oben), könnten Ersatzgeräte vorgehalten werden – auch hier lässt sich eine Analogie zu Funkgeräten ableiten, von denen in der Regel mehrere in den Fahrzeugen vorhanden sind. Da die Funktionalität aufgaben- und nicht personenbezogen definiert wird, muss bei Ersatzgeräten prinzipiell nur die jeweilige Rolle und Aufgabe ausgewählt werden. Es ist allerdings – insbesondere bei den Systemen für Führungskräfte – notwendig, dass dann alle Geräte vom Server den jeweils aktuellen Stand abrufen können. Wesentlich ist hier dann lediglich ein Zeitverlust durch den Austausch und das Einschalten der Austauschgeräte.

Ein weiteres Problem beim Ausfall von Geräten entsteht, wenn Daten, die auf dem Gerät vorliegen, noch nicht zum Server übertragen wurden. Diese Daten fehlen dann im System. In vielen Fällen dürfte es möglich sein, diese zumindest teilweise manuell nachzutragen oder an die Einsatzleitung zur Nachtragung weiterzugeben (in Papierform oder per Funk). Eine spätere Synchronisierung beziehungsweise Zuordnung zu automatisch erfassten Daten ist möglich, da sowohl Patienten als auch Fahrzeuge und Strukturen eindeutig gekennzeichnet sind (siehe Abschnitte 2.4, 4.1.3 und 5.2.3). Trotzdem muss damit gerechnet und im System berücksichtigt werden, dass Daten über längere Zeit asynchron sind oder komplett verloren gehen.

## 8.5.2 Grundlegende Überlegungen zum Netzwerk

Das FUS muss gleichzeitig in mehreren Instanzen im Sinne eines Mehrbenutzermodus laufen können. Diese Anforderung ergibt sich schon daraus, dass es mit dem OrgL und dem LNA zwei Führungskräfte gibt und es parallel auch im ELW funktionieren muss. Zudem kann es bei

Delegation von Führungsaufgaben notwendig sein, dass weitere Führungskräfte das System nutzen. Insofern ist ein Datenaustausch zwischen den Instanzen notwendig. Des Weiteren müssen alle Komponenten des MANV-Systems Daten erhalten und übermitteln können.

Denkbar sind sowohl ein Peer-to-Peer-Netzwerk als auch ein Client-Server-Ansatz, bei dem ein „Server“ die Daten von „Clients“ empfängt und Daten an diese ausliefert. In jedem Fall ist es notwendig, dass möglichst zeitnah Daten zwischen den Systemkomponenten übertragen werden können. Der triviale Ansatz, einen ELW oder eine spezielle Einheit zu nutzen (in Anlehnung an den klassischen Fernmeldedienst oder heutige Einheiten „Information und Kommunikation“ im Katastrophenschutz), könnte das allerdings wegen zu später Eintreffzeiten nicht leisten (vgl. Abschnitt 4.2.2). Im Falle eines Client-Server-Ansatzes wäre eine Möglichkeit, mit einem ortsfesten Server, beispielsweise in der Leitstelle zu arbeiten. Dabei müsste allerdings die Datenverbindung über Mobilfunk- oder das BOS-Digitalfunknetz sichergestellt sein mit dem Risiko des Ausfalls (siehe Abschnitt 5.2.4). Eine andere Möglichkeit wäre ein autonomes Ad-hoc-Netzwerk mit einer Server-Komponente in jedem Rettungsdienstfahrzeug, das sich selbst aktiviert und konfiguriert. Die Vernetzung ist nicht Thema dieser Arbeit, stattdessen wird auf das Systembeispiel Rescue-Wave (siehe Abschnitt 7.4.5) sowie die Untersuchungen von Lawatschek, Düsterwald, Wirth and Schröder (2012) verwiesen.

Eine ergänzende Möglichkeit zur Datenübertragung, kann mittels geeignet in die Geräte integrierter USB-Sticks geschaffen werden (zum Beispiel ohne Überstehen, gegebenenfalls mit einer Klappe gesichert). Diese könnten eine zusätzliche Redundanz für das Netzwerk sowie eine Möglichkeit der zusätzlichen Datensicherung für den Geräteausfall darstellen.

Im Rahmen dieser Arbeit liegt der Fokus nicht auf der Implementierung des Netzwerkes. Daher ist es für diese Arbeit ausreichend und zweckmäßig, wenn eine einfache Server-Anwendung konzipiert und implementiert wird, die vor Evaluationen und Tests konfiguriert und gestartet wird. Ebenso kann auch das Netzwerk in solchen Fällen manuell aufgebaut werden, sodass beispielsweise IP-Adressen fest vergeben werden können. Folgende Anforderungen ergeben sich:

- Der Server muss mehrere Clients verwalten können, darunter Instanzen des FUS und der Komponenten des MANV-Systems für Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion.
- Der Server muss Informationen, zum Beispiel Verletzten- oder Fahrzeugdaten, empfangen und an ausgewählte Clients versenden können.
- Der Server soll Clients, die sich neu verbinden, den aktuellen Informationsstand übertragen können. Diese Anforderung muss implementiert sein, da sich insbesondere Führungskräfte erst nach Ankunft am Einsatzort mit dem Server verbinden werden (siehe Abschnitt 4.2.2), jedoch die bisherigen Informationen benötigen.

- Der Server soll rudimentär mit Verbindungsaufällen umgehen können und bei Wiederherstellung einer Verbindung zwischenzeitlich aktualisierte Informationen übertragen.

Technisch können die Anforderungen realisiert werden, indem jeder Client eine eindeutige ID zur Zuordnung und einen zeitlichen Synchronisierungszustand erhält.

## 8.6 Verbindung mit papierbasierten Arbeitsmitteln

In dieser Arbeit wird keinesfalls der Ersatz aller papierbasierten Arbeitsmittel (siehe Abschnitt 5.2.4) angestrebt. Ein wichtiges papierbasiertes Artefakt bleibt die Verletztenanhängekarte. Damit grenzt sich die Arbeit gezielt von Projekten ab, die einen Ersatz dieser durch Armbänder mit RFID-Chips (Ellebrecht & Latasch, 2012) oder elektronische Geräte am Verletzten vorsehen. Damit können etwa „Intelligent Triage Tags“ in Form eines PDAs (Killeen et al., 2006; Lenert, Palmer, Chan & Rao, 2005) oder Spezialgeräte wie in RescueWave (siehe Abschnitt 7.4.5) gemeint sein. Die Arbeit folgt damit der am IMIS bereits in Vorgängersystemen geprägten Vorgehensweise (siehe Abschnitt 1.4.1; Mentler, 2015, S. 113). Elektronische Geräte werden aus mehreren Gründen ausgeschlossen. Da die Vorsichtung von einem der ersteintreffenden Rettungsdienstteams übernommen wird (siehe Abschnitt 5.2.3), müssten alle Fahrzeuge mit einer ausreichenden Anzahl an Geräten ausgestattet werden inklusive entsprechendem Platzverbrauch, Laderhaltung und entsprechend hohen Kosten. Diese Geräte müssten vor Ort dann von den Rettungskräften zu den Verletzten transportiert werden. Falls in einem RTW weniger Geräte zur Verfügung stehen als das Team Verletzte sichtet, müsste der Nachschub aus anderen Fahrzeugen organisiert werden. Dem entgegen steht, dass die erste Phase ohnehin als „Chaosphase“ von Personal-, Ressourcen- und Koordinationsmangel geprägt ist (siehe Abschnitt 4.2.2). Weitere Probleme würden beim Ausfall einzelner Geräte entstehen. Ebenso fehlt eine Rückfallebene für den Gesamtsystemausfall oder für den Fall, dass weniger Geräte zur Verfügung stehen als es Verletzte gibt. Bei Armbändern mit RFID-Tags trifft ebenfalls das Argument der fehlenden Rückfallebene zu, da sich lediglich eine Verletztenkategorie ablesen lässt, wenn diese farblich kodiert sind. Bei diesen ist ein weiteres Problem, dass die Rettungskräfte Daten nur noch erhalten können, wenn sie ein zusätzliches Gerät verwenden; ein schnelles Ablesen von Daten ohne Gerät ist nicht möglich. Diese Funktionalität ließe sich dagegen mit elektronischen Geräten am Verletzten etwa durch Integration eines Bildschirms prinzipiell realisieren.

Die Verletztenanhängekarte hat als Vorteile, dass sie günstig ist, keinen Strom benötigt und - falls notwendig - notdürftig durch einfache Papierzettel oder andere Kartensysteme (z.B. Begleitkarten für Unverletzte) ersetzt werden kann. Über eine eindeutige, auch in Papierdokumentationssystemen vorgesehene Patienten-ID kann analog zum Armband mit RFID-Chip eine Verbindung zu

Computersystemen geschaffen werden. Eine solche ID kann handschriftlich erzeugt werden. Bei vordruckten Nummern lässt sie sich mit einem QR-Code oder einem RFID-Chip ergänzen, um ein schnelles Einlesen mit einem Computersystem zu ermöglichen. Dabei kann die manuelle Eingabe der ID als Rückfallebene vorgesehen werden.

Bei der Verletztenanhängekarte wird weiterhin davon ausgegangen, dass die Vorsichtungs- bzw. Sichtungskategorie vor Ort farblich eingetragen bzw. eingesteckt wird. Diese bleibt für die schnelle Sortierung der Verletzten sinnvoll und ist daher auch bei den genannten elektronischen Alternativen beziehungsweise Sichtungsarmbändern mit RFID-Tags vorgesehen. Die Dokumentation der Daten soll im MANV-System dieser Arbeit jedoch elektronisch erfolgen, da die Daten für das FUS benötigt werden. Um zu verhindern, dass eine Dokumentation lediglich oder zusätzlich auf der Papierkarte erfolgt, können alle beschreibbaren Felder der Verletztenanhängekarte mit einem abziehbaren Etikett versehen werden, das auf die elektronische Dokumentation hinweist und nur abgezogen wird, falls diese ausfällt oder nicht genutzt wird. Zur Übertragung der Daten auf die Verletztenanhängekarte sind mobile Drucker praktikabel, die einen wasserfesten Ausdruck der aktuellen Einträge auf einem passenden Klebeetikett erstellen, das dann auf die Verletztenanhängekarte geklebt wird. Diese wären vor allem am BHP (Eingang, Ausgang und eventuell Behandlung) notwendig, und könnten im späteren Verlauf optional auch an der PA eingesetzt werden. Die Drucker wären dementsprechend auf den GW San vorzuhalten. An den entsprechenden Strukturen würde die Aufstellung angesichts der zeitlichen Dauer des Gesamtaufbaus nur einen unbedeutenden Zeitverlust mit sich bringen.

Die Dokumentationslisten sollen komplett durch das elektronische MANV-Gesamtsystem ersetzt werden. Für den Komplettausfall des Systems wäre es unproblematisch, weiterhin einen Ordner mit Papierlisten mitzuführen. Regelmäßige automatische Ausdrücke mittels Drucker im KdoW des OrgL/LNA sowie im ELW könnten dafür sorgen, dass bei Bedarf papierbasiert weitergearbeitet werden kann. Für die Zeit vor Eintreffen des OrgL / LNA gäbe es dann zwar keine Rückfallebene für den Ausfall des Netzwerks. Ähnlich wie bisher müsste dann eine manuelle Übergabe mit Informationen zur Lage und zu den Verletztenzahlen erfolgen, die vom Gerät der Vorsichtung abgelesen werden könnten.

## 8.7 Benutzer- und Rollenverwaltung

Das FUS benötigt eine Benutzer- und Rollenverwaltung, die es ermöglicht, gemeinsam an Inhalten zu arbeiten (Mehrbenutzerfähigkeit) und Teile des Systems für eine Rolle oder einen Benutzer freizuschalten. So benötigt zum Beispiel ein Transportkoordinator lediglich Zugriff zum Modul

für Transporte und eventuell zum Patienten- oder Fahrzeugmodul. Auch für die Dokumentation ist es wichtig zu wissen, wer das System benutzt und welche Eingaben tätigt.

Für die Betrachtungen im Rahmen dieser Arbeit reicht es aus, wenn der Benutzer seinen Namen, sein Kürzel und seine Rolle einträgt. Die Implementierung einer Überprüfung oder gar eines Einloggens ist für Tests und Evaluationen bezüglich der Automation nicht notwendig. Mutmaßlich ist es auch nicht notwendig, den Modulzugriff zu regeln. Die Mehrbenutzerfähigkeit des Gesamtsystems sollte grundsätzlich funktionieren. Bei diesem Aspekt reicht allerdings eine einfache Netzwerk-Implementierung aus (siehe Abschnitt 8.5.2).

## 8.8 Informationseingabe in das System

Für Automation im FUS ist es elementar, dass das FUS Informationen zur Situation erhält, anhand derer die Aktionen festgelegt werden können. Es erscheint unrealistisch, dass Führungskräfte ausreichend Gelegenheit haben, die Informationen zeitgerecht einzugeben, sodass Automaten in Echtzeit funktionieren. Insofern muss auf Informationen gesetzt werden, die ohnehin vorliegen oder automatisch gesammelt werden können. Diese ergeben sich vor allem aus der Funktionalität für Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion (siehe Abschnitt 8.4.2).

Eine wichtige Informationsquelle ist die Vorsichtung, bei der die Dringlichkeit der Behandlung aller Verletzten festgestellt und diese entsprechend markiert werden. Sinnvollerweise kann die Datensammlung mit der Unterstützung der Benutzer, etwa durch Anzeige eines passenden Algorithmus (siehe Abschnitt 7.2.3), verbunden werden. Die potenziellen Daten aus dieser und weiteren Aufgaben der Einsatzkräfte sind in F1.1 bis F1.8 spezifiziert (siehe Abschnitt 8.4.2).

## 8.9 Simulationskomponenten

Für Zwecke der Demonstration, des Testens und der Evaluation des FUS sollte ein Großteil der Daten für die Anwendung lokal simuliert werden können, da sowohl die Realerfassung als auch die Testerfassung im MANV-System sehr aufwändig wären. Passende Simulationskomponenten erscheinen auch für das Training der Nutzer mit dem System als sinnvoll. Ohne Simulationskomponenten würde insbesondere das Training mit dem FUS bedingen, dass eine Vielzahl an Einsatzkräften ohne Führungsfunktion daran teilnimmt, da sonst keine relevanten Daten, etwa zu den Fahrzeugen, der Vorsichtung oder der Behandlung, entstehen. Training wäre also praktisch nur im Rahmen einer Großübung, wie den in Abschnitt 1.1 genannten Beispielen, möglich. Gleichzeitig sind solche Übungen, insbesondere wenn realitätsnah organisiert, zeitaufwändig in der Planung und nehmen während der Übung viele Ressourcen in Anspruch. Dementsprechend sind sie

nur selten durchführbar (Sautter et al., 2016). Simulationskomponenten können also ermöglichen, dass insbesondere Führungskräfte mit simulierten Daten ohne größeren Aufwand mit Teilkomponenten des MANV-Systems trainieren können.

Notwendig ist die Generierung von Fahrzeugen als Simulation einer Alarmierung, sowie deren Anfahrt zum Einsatzort. Dort muss die Funktionalität für die VEL (F0.1-F0.3) und für die Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion (F1.1-F1.8) simuliert werden. Da die Aktionen und die Missionsvergabe auf Ebene der Fahrzeuge erfolgt (vergleiche Fahrzeugmodul, Abschnitt 8.4.3), wird die Simulationskomponente für diese Bereiche im Folgenden „Fahrzeugsimulator“ genannt. Viele Aufgaben bedingen das Vorhandensein von Verletzten. Diese müssen einmalig von einem „Verletztensimulator“ generiert werden, spätestens sobald sie für das System notwendig sind. Das ist während der Vorsichtung (F1.2) der Fall. Bei der Simulation der Schätzung der Verletztenzahlen durch die VEL (F0.1) müsste theoretisch berücksichtigt werden, dass diese in der Praxis nicht exakt sein wird. Da der Fehler sowohl nach oben als auch unten variieren kann, wird in dieser Arbeit vereinfacht davon ausgegangen, dass die Zahl korrekt ist. Eine umfangreiche Verletzten-simulation, bei der die Verletzten Verletzungsmuster und einen Zustandsverlauf haben, hat Einfluss auf die patientenbezogenen Aufgaben der weiteren Sichtungen, Diagnose, Behandlung und des Transports (F1.2-F1.3). Die entsprechende Aufteilung zwischen den Simulationen wird in Abbildung 26 veranschaulicht.

Der Fahrzeugsimulator und der Verletztensimulator sollen einzeln aktiviert werden können, um im Sinne von unterschiedlicher Nutzung das nachfolgende Verhalten zu bewirken:

- Beide Simulatoren: Die Anfahrt der Fahrzeuge, Vorsichtung und Missionsbearbeitung werden simuliert. Im Rahmen der Vorsichtung werden die Verletzten generiert.
- Nur Fahrzeugsimulator: Die Anfahrt und die Missionsbearbeitung werden simuliert. Während der Vorsichtung tauchen keine Verletzten auf, diese müssen manuell hinzugefügt werden. Die Variante ist nützlich, wenn nur die Vorsichtung mit einem passenden Gerät manuell durchgeführt werden soll. Als weiterer Ansatz wird in Abschnitt 8.10 die Verbindung mit einer VR-Simulation zur Vorsichtung vorgestellt.
- Nur Verletztensimulator: Es erscheinen lediglich die Verletzten. Diese Variante ist nützlich für die Nutzung des Systems mit manuell eingetragenen Fahrzeugen im Sinne eines klassischen Einsatzleitsystems (siehe Abschnitt 7.4.1).

Vom Benutzer muss in Bezug auf den Fahrzeugsimulator die Menge der zu alarmierenden Fahrzeuge im Sinne der MANV-Stufe (siehe Abschnitt 1.1) festgelegt werden können. Diese kann von der tatsächlichen Verletztenzahl abweichen. In Bezug auf den Verletztensimulator muss für

Simulation die tatsächliche Verletztanzahl einstellbar sein, wobei auf die Art der Verteilung Rücksicht genommen werden soll (siehe Abschnitt 1.1).

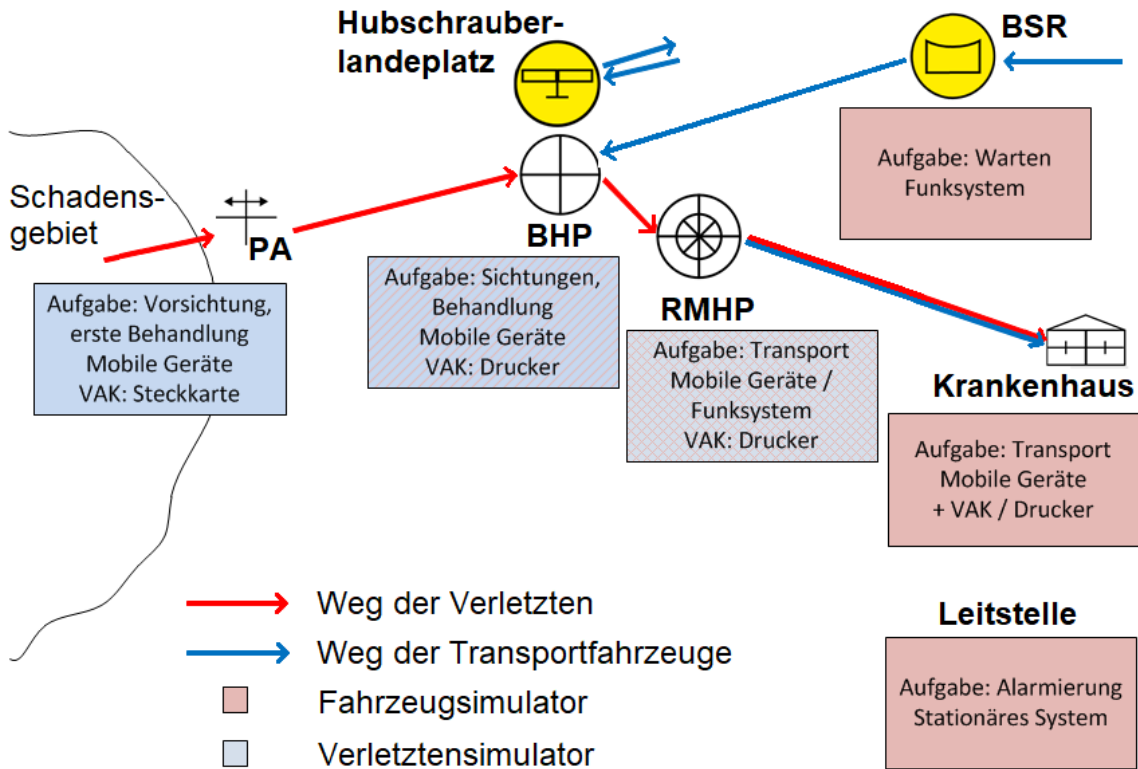


Abbildung 26: Eingabemöglichkeiten und Zusammenhang mit den Simulationskomponenten auf Basis einer vereinfachten Version der Abbildung 10.

Ein Nebeneffekt der Simulation ist, dass der menschliche Faktor aufgrund der Vielfältigkeit und Komplexität nur mit großem Aufwand berücksichtigt werden könnte. Beispiele dafür sind:

- Fehler: Zum Beispiel versehentliches Abweichen von der Navigationsroute.
- Eigeninitiative und Impulsivität: Einsatzkräfte, die ohne Auftrag Aufgaben wahrnehmen und die bewusst oder unbewusst von Aufträgen abweichen (positiv wie negativ).
- Psychische Faktoren: Stress, Persönlichkeit, Erfahrung und Verhaltensweisen.

In dieser Arbeit werden simulierte Einsatzkräfte lediglich auf explizite Befehle reagieren und die Aufgaben sachgemäß erledigen. Die Simulation menschlicher Faktoren wäre offensichtlich sehr komplex und müsste entsprechend aufwändig konzipiert und evaluiert werden.

## 8.10 Erzeugung von Daten beim Training

In Abschnitt 8.9 wurde das Training mit Simulationskomponenten eingeführt. Eine weitere Möglichkeit für Training abseits von Übungen ist die Nutzung einer Virtual-Reality (VR)-Trainingssimulation für den MANV. Wenn Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion auf diese Weise

Aufgaben des MANV üben, könnten die Daten anstelle von simulierten Daten im MANV-System genutzt werden. Sie basieren dann nicht auf Überlegungen und Analysen, sondern geben wieder, wie sich einzelne Einsatzkräfte tatsächlich verhalten – inklusive möglicher Fehler. Da diese Einsatzkräfte die Aufgabe auch im realen Einsatz durchführen könnten, sind die Resultate recht glaubwürdig, insbesondere, wenn die Simulation realitätsnah gestaltet ist. Gleichwohl können sich Effekte der VR-Simulation auf die Datenqualität auswirken.

Der Autor hat mit anderen Mitarbeitern des IMIS und Studierenden an einer VR-Trainingssimulation gearbeitet, die die Vorsichtung beim MANV ermöglicht. Initial entwickelt wurde sie von Günschmann, Kersten, Rösch, Schumacher & Thiele (2016) in einem Bachelorprojekt, anschließend folgten Änderungen zugunsten der Immersion durch Willer (2017). Dallmer-Zerbe, Kohlbrandt und Willer (2018) implementierten einen Mehrspielermodus; Brauer, Bundt, Samek und Stieglitz (2019) erweiterten die VR-Simulation um ein erneuertes Eisenbahn-Szenario und weitere Eingabemodalitäten (insbesondere Fußtracker zum Erfassen von Laufen auf der Stelle). Für die Anbindung an das MANV-System sei auf Abschnitt 10.5 verwiesen.

Die Trainingssimulation kann einen Verkehrsunfall oder einen Eisenbahnunfall mit bis zu 50 Verletzten darstellen, die vom Trainierenden vorgesehen und mit Sofortmaßnahmen behandelt werden müssen. Dabei wurden in Bezug auf das Lernen Vor- und Nachteile aktueller Trainingsformen identifiziert und mit den Möglichkeiten einer VR-Simulation verglichen. Potentiale für die VR wurden insbesondere in der einfachen und schnellen Organisation und Wiederholbarkeit des Trainings, der Beübung gefährlicher Situationen, der Darstellung von Zerstörung und Verletzungen, den Zeitabläufen und der Auswertung gesehen (Berndt, Mentler & Herczeg, 2018). Ein großes Augenmerk lag auf der Gestaltung in Bezug auf die Immersion und Präsenz des Spielers (Berndt, Wessel, Willer, Herczeg & Mentler, 2018). In den Veröffentlichungen sehen der Autor dieser Arbeit und seine Mitautoren der Publikationen die Ansätze der Trainingssimulation trotz einiger Probleme als sehr vielversprechend für zukünftiges Training an (Berndt, Wessel, Mentler & Herczeg, 2018; Berndt, Wessel, Willer, Herczeg & Mentler, 2018).

Die bestehende VR-Trainingssimulation ermöglicht lediglich die Durchführung der Vorsichtung und damit die Erzeugung der darin anfallenden Daten. Da die Vorsichtung zeitlich oftmals zu großen Teilen vor dem Eintreffen der Führungskräfte liegt, ist sie für deren Training nur beschränkt geeignet. Im Optimalfall würde sie diese gesamte Funktionalität F1.1 bis F1.8 umfassen und zu verschiedenen Zeiten Daten für das FUS generieren. Die Simulation könnte sie allerdings eher ergänzen als ersetzen, weil dafür eine hohe Anzahl an gleichzeitig Übenden notwendig wäre. Da die Kombination aus VR-Trainingssimulation und Training mit dem FUS vielversprechend ist, soll eine Datenübertragung von der VR-Trainingssimulation zum Server des MANV-Systems realisiert werden. Perspektivisch könnte eine VR-Simulation auch das Training von

Führungskräften mit dem FUS direkt erweitern. So wäre sinnvoll, wenn die Führungskräfte sich gleichzeitig als Akteur in der Simulation bewegen könnten, um zu simulieren, dass sie sich ein Bild der Lage machen können. Hierbei wäre sicherlich ein Desktop-Computer-Ansatz ohne Virtual Reality ausreichend, da es dabei weniger um Immersion und Präsenz als um die Übung von organisatorischen Aufgaben geht. So könnten die Führungskräfte weiterhin mit dem originalen Tablet üben. In einer sehr komplexen VR-Trainingssimulation wäre als Alternative auch denkbar, dass alle Computergeräte simuliert werden.

# 9 Konzeption der Automation

In diesem Kapitel werden Ansätze für Automation im FUS konzipiert. Die theoretische Basis bilden die in dieser Arbeit beschriebenen Analysen. Ziel ist, dass die für diese Arbeit in Form von Hypothesen definierten Forschungsfragen untersucht werden können (siehe Abschnitt 1.3). Als Mittel dafür dient eine Systemlösung, welche insbesondere die in Kapitel 6 identifizierten Probleme adressiert. Konzipiert werden soll eine Lösung mit mehreren, einstellbaren Stufen der Automation. Dabei soll die Automation in jeder Stufe die Effektivität und/oder Effizienz verbessern und verständlich gestaltet sein. Nachfolgend werden zunächst Anforderungen für die Automation festgelegt. Anschließend wird auf Basis der im Abschnitt 5.3 gelegten Grundlagen eine Auswahl bezüglich der Stufen getroffen, um daraufhin jeweils Ansätze für die Umsetzung zu konzipieren.

## 9.1 Anforderungen für die Automation

In Abschnitt 5.3 wurden verschiedene Ansätze für die Automation vorgestellt. Dabei beruht die Automation auf der Datenverarbeitung; im Gegensatz zur menschlichen Führungskraft fehlt in Bezug auf die „Überwachung“ daher die Möglichkeit der direkten Wahrnehmung der Realität (siehe Abschnitt 3.4.1). Die „Ausführung“ erfolgt indirekt in Form einer Befehlsgebung, die dann an andere Akteure (in der Regel Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion) kommuniziert und von diesen durchgeführt wird. Selbst eine Manipulation an Daten muss nicht zwangsläufig erfolgen. Aus der Analyse werden Anforderungen abgeleitet, die für die Konzeption wichtig sind:

- R1: Das System soll unterschiedliche Stufen der Automation anbieten und einen Stufenwechsel ermöglichen. Dieser bleibt dem Benutzer vorbehalten, wodurch er soweit möglich im Prozess („in the loop“) bleiben soll (siehe Abschnitt 5.3.5). Zudem behält er so die Verantwortung und alle Einflussmöglichkeiten. Die Anforderung adressiert die Hypothese 2 dieser Arbeit: *„Der Grad der Automation muss vom Benutzer einstellbar sein, damit das System zu den Anforderungen der Benutzer passt und akzeptiert wird“*.
- R2: Das System soll die Umstellung der Stufe der Automation vorschlagen können. Damit soll der Komplexität und parallelen Bearbeitung von Aufgaben entgegengewirkt werden (siehe Kapitel 6). Zudem kann das System so auf die Funktionalität aufmerksam machen. Anlass sollen insbesondere erkannte Probleme sein, beispielsweise wenn eine Aufgabe viel später als möglich erledigt wird.
- R3: Die Anwendung und Umstellung von Stufen der Automation soll im Grundsatz aufgabenbezogen erfolgen, so dass diese für Einzelaufgaben (z.B. den Transport von Verletzten) definiert werden kann. Dieser Ansatz passt zur Vorgehensweise beim MANV,

insbesondere dazu, dass Aufgaben an unterschiedlichen Orten stattfinden (siehe Abschnitt 5.2.5) und dass Aufgaben an andere Führungskräfte oder Unterstützungspersonal abgegeben werden können (siehe Abschnitt 2.3.1).

- R4: Die Automation soll definierte problematische Situationen reagieren und auf diese hinweisen können. Eine solche Situation kann sein, wenn der MANV-Level nicht zur Verletztanzahl passt oder ein Verletzter längere Zeit „vergessen“ wird.
- R5: Die Automation soll regelbasiert funktionieren. Sie verhält sich demnach deterministisch, was für die Evaluation hilfreich ist. Der MANV-Kontext wäre zudem ein sehr problematischer für lernende Systeme, wie in Abschnitt 5.3.5 erläutert.

Die Anforderungen sind auf die Möglichkeiten im Rahmen dieser Arbeit ausgerichtet und zeigen eine konservative wie zeitgemäße Betrachtung auf, indem sie die Verantwortung beim Menschen lassen. Perspektivisch ist denkbar, dass sich die Einstellung zur Automation in der Bevölkerung und Gesetzgebung mehr oder minder verschiebt, wie es aktuell bei Kraftfahrzeugen zu passieren scheint (siehe Abschnitt 1).

## 9.2 Vorüberlegungen zur Automation

Die Automatisierung von Aufgaben muss wohlüberlegt sein (siehe Abschnitt 5.3.2). Dafür wird nachfolgend die SA der Einsatzkräfte betrachtet und das Potential für Automation abgeleitet.

### 9.2.1 Situation Awareness der Einsatzkräfte mit Leitungsfunktion

Die SA der Einsatzkräfte mit Leitungsfunktion wird in Abbildung 27 dargestellt. In Bezug auf die VEL besteht die Problematik, dass den dafür eingesetzten Einsatzkräften die Ausbildung, Erfahrung und Routine für ihre Aufgaben fehlen (siehe Abschnitte 5.2.1 und 6.3). Es kann also davon ausgegangen werden, dass in diesen Fällen weder ein passendes mentales Modell vorliegt noch eine gute SA besteht. Für die VEL gibt es daher Prozeduren, die eine standardisierte Bearbeitung ermöglichen, aber – selbst wenn vorgeschrieben – in Stresssituationen nicht zwangsläufig eingehalten werden. Automation kann in dieser Phase prinzipiell die definierten Standard-Prozeduren ersetzen und somit auf Basis von Eingaben durch die VEL die eigentliche Leitung des Einsatzes und Koordination der eintreffenden Fahrzeuge übernehmen. Sie kann dabei fehlende SA und fehlende mentale Modelle des ersteintreffenden Personals kompensieren (siehe Abschnitt 3.4). Da die VEL ohnehin nur in den ersten Minuten den Einsatz leitet und Einsatzkräfte nur sehr selten (einige niemals) in dieser Rolle agieren müssen, ist eher unproblematisch, wenn die VEL kaum an SA gewinnt. Entsprechend erscheint es auch als eher unproblematisch, wenn sie nicht komplett „in the loop“ kommt oder bleibt. Stattdessen ist es wichtig, dass Effektivität und

Effizienz gerade in der Chaosphase sichergestellt sind und dass wichtige definierte Entscheidungen getroffen werden (siehe Abschnitt 6.1). Insofern ist eine Unterstützung der SA vor allem in Bezug auf die niedrige Stufe der Wahrnehmung sinnvoll, damit die VEL dem System die notwendigen Eingaben bereitstellen kann.

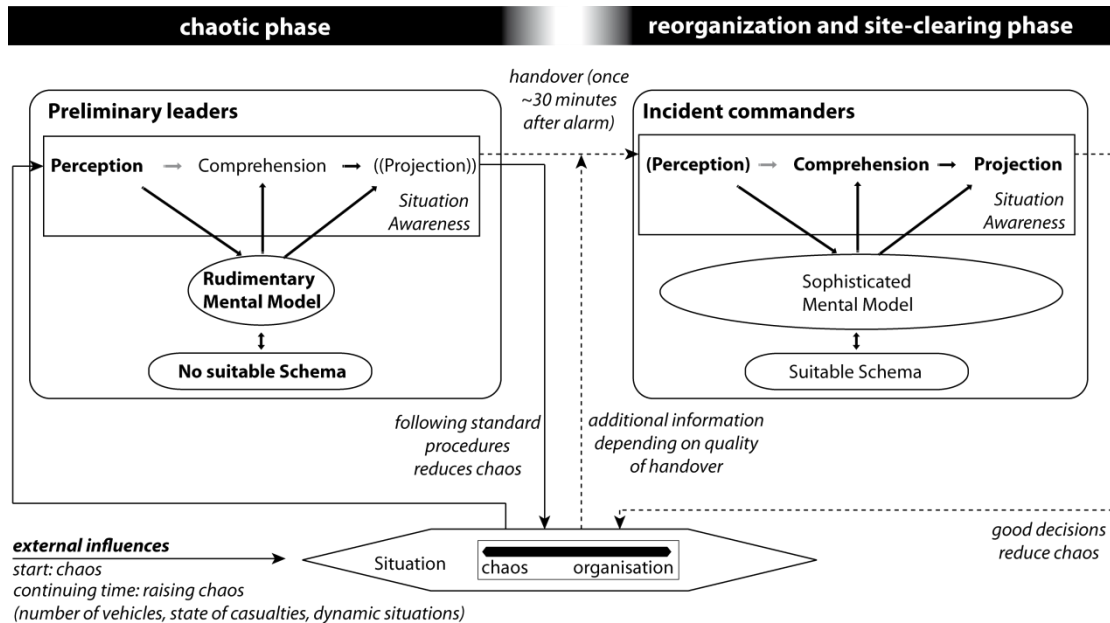


Abbildung 27: Situation Awareness der Vorläufigen Einsatzleitung und der Einsatzleitung und deren Auswirkung auf Chaos und Organisation an der Einsatzstelle von Berndt & Herczeg (2019b). Die integrierten SA-Modelle leiten sich insbesondere aus dem Modell von Jones und Endsley (2000) ab, das in Abbildung 7 zu sehen ist.

Bei der ELRD kann dagegen von einem ausgeprägten mentalen Modell des MANV ausgegangen werden (siehe Abschnitte 5.2.2 und 6.3). Wie weitgehend dieses Modell allerdings in den für die Aufgabenstellung wichtigen Aspekten korrekt ist, ist nicht sicher. Insbesondere ist fraglich, ob es sich auch komplett auf größere und damit komplexe MANV beziehen lässt, da diese umso seltener vorkommen (siehe Abschnitte 3.2.2 und 6.2). Bereits die verschiedenen in Abschnitt 1.1 eingeführten MANV-Stufen und die Komplexität, die sich aus den Analysen ableiten lässt, zeigen die Komplexität des Anwendungsfelds. In jedem Fall sollte ein System versuchen, die SA bei der ELRD zu fördern und zum Aufbau eines mentalen Modells beitragen. Eine Vollautomation anstelle der ELRD erscheint nicht sinnvoll, weil die späteren Phasen des MANV nicht nur komplex und von vielen Faktoren abhängig sind, sondern sich auch nicht komplett auf Checklisten oder Standardprozeduren abbilden lassen; vielmehr sind eindeutig dem Menschen zuordenbare Fähigkeiten wie Improvisation und Entscheidungsfindung notwendig. Ein System kann in Bezug auf die SA bei der Übergabe von der VEL zur ELRD helfen und danach vor allem die Phasen des Verständnisses und der Projektion auf Basis vorhandener Daten unterstützen, so dass die ELRD die Grundlage für eine bessere Entscheidungsfindung hat.

## 9.2.2 Automatisierungspotential

Der in Abschnitt 5.3.2 beschriebene Ansatz von Fitts (1951), Aufgaben zu automatisieren, die der Computer aufgrund seiner Eigenschaften besser erledigen kann als der Mensch, scheidet zumindest in der Reinform aus: Aufgrund zeitlicher Aspekte kann unter Umständen auch eine Automation für Aufgaben sinnvoll sein, die eigentlich besser zum Menschen passen, aber aufgrund der vielfältigen anderen Aufgaben durch Führungskräfte im MANV zeitlich nicht adäquat durchführbar sind (siehe Abschnitte 4.2.2 und 6.1). Daher wird der Umfang der Automation aus den in Kapitel 6 identifizierten Problemen abgeleitet.

Zuerst wird das Potential für Automation in Bezug auf die Aufgaben des OrgL geklärt (R3). Viele seiner Aufgaben, wie die Feststellung der Lage (A1.1) oder die Festlegung von Einsatzabschnitten und Einsatzprioritäten (A1.2) sind Aufgaben, die je nach Situation und Örtlichkeit des Ereignisses variieren und sich nur begrenzt algorithmisch darstellen lassen. Auch für die Planung der räumlichen Strukturen erscheint eine Automation nicht sinnvoll. Sie ist im Wesentlichen eine einmalige Aufgabe und hängt mit der Festlegung der Einsatzabschnitte zusammen. Es könnte aber situationsbezogene Komponente (R4) angedacht werden, so dass das System die Einrichtung räumlicher Strukturen empfiehlt, wenn diese über unüblich lange Zeit nicht eingerichtet werden oder ein Missverhältnis zwischen bestehenden Strukturen und bezüglich der Verletztenzahl benötigten Strukturen besteht. Ein Problem bei räumlichen Strukturen ist, dass diese sich selten datenbasiert erledigen lassen und vielmehr eine Wahrnehmung der Umgebung erfordern. Beispielsweise kann ein Parkplatz nur dann als BSR oder BHP genutzt werden, wenn er ausreichend leer ist. Ein System könnte zwar naheliegende Parkplätze vorschlagen, aber deren Eignung nicht prüfen.

Besonders relevant für die Automation erscheinen die Aufgabenblöcke der Führung der Einsatzkräfte (A1.4-A1.6 und A2.4), die Aufgaben bezüglich der Verletzten (A1.7-A1.9, A2.5-A2.9) und das Management (A1.13-A1.15; siehe Abschnitt 5.2.2). Hinzu können Teile der Kommunikation kommen, wenn sie in definierter Nachrichtenform über definierte Schnittstellen erfolgen können, darunter etwa die Aufgabe der Abfrage der Krankenhauskapazitäten (A1.12). Für die letztgenannte Aufgabe wird in einigen Bundesländern bereits eine Software in Form des Web-Systems IVENA eHealth genutzt, mit dem zumindest Leitstellen die Krankenhauskapazitäten abrufen können<sup>55</sup>. Die genannten Aufgaben haben gemeinsam, dass sie – beziehungsweise ihre Teilaufgaben – sich klar definieren lassen und repetitiv sind. So müssen beispielsweise die Aufgaben bezüglich der Verletzten – wie die Organisation des Transports – für jeden Verletzten durchgeführt werden. Wichtige Kriterien sind die Effektivität und Effizienz. So sollten sowohl Wartezeiten von Rettungsmitteln soweit möglich vermieden werden (etwas im BSR), als auch ein optimaler Ablauf

---

<sup>55</sup> <https://www.ivena.de/> (Zugriff am 09.03.2023).

erfolgen – etwa die Zuweisung der verfügbaren Einsatzkräfte auf den Verletzten, der die Behandlung oder den Transport am dringendsten benötigt. Beides kombiniert ist aktuell regelmäßig nicht möglich (siehe Abschnitt 6.2) und daher ein sinnvoller Ansatzpunkt für Automation.

### 9.2.3 Integration der Automation in das FUS

Die Automation kann entweder modulunabhängig umgesetzt werden (wie auch der Titel- und Informationsbereich) oder in Abhängigkeit vom genutzten Modul. Im Zuge der Konzeption der Module wurden die Aufgaben diesen zugeordnet (siehe Abschnitt 8.4.3). Damit stehen die Module für unterschiedliche Aufgaben und reduzieren die Komplexität für den Benutzer. Da die Automation aufgabenbezogen konzipiert wird (siehe Abschnitt 9.1 und R3) kann sie mit den Modulen verbunden werden. Damit ergibt sich, dass für jedes Modul und dessen Aufgabenbereich die Ausprägung der Automation definiert werden muss. Grundsätzlich kann die Automation dabei Aufgaben übernehmen, die auch mit dem jeweiligen Modul durchführbar sind.

Unbeschadet der Modulzuordnung erscheint es sinnvoll, die Automation modulübergreifend darzustellen, um der Parallelität anfallender Aufgaben Rechnung zu tragen. Nur so ist gewährleistet, dass die Automation auf zu erledigende Aufgaben (in anderen Modulen) oder problematische Situationen hinweisen kann (R2, R4). Die Anwendung benötigt also in der Ansicht einen Bereich speziell für die Automation, in dem auch die Umstellung der Stufe erfolgen kann (R1).

## 9.3 Ausgestaltung der Automationsstufen

Gemäß der Anforderung, dass unterschiedliche Stufen der Automation angeboten werden sollen (R1), müssen diese konkretisiert werden. In Abschnitt 5.3.1 wurden verschiedene Modelle für Stufen der Automation vorgestellt. Diese haben unterschiedliche Eigenschaften. Für einen Stufenwechsel sind nachfolgende Varianten besonders geeignet:

- Kontinuierliches Automationspektrum: Ein solches existiert vor allem bei Billings (1997) wegen der gleichmäßigen Stufenverteilung. Teilweise auch im Modell von Kaber und Endsley (2004), hier jedoch eingeschränkt wegen der Brüche beispielsweise beim starren System (siehe Abschnitt 5.3.1).
- Einteilung gemäß Phasen: Diese Variante ist vor allem bei Kaber und Endsley (2004) festzustellen, in deren Modell die Aufgabe in vier Phasen eingeteilt ist und die Stufen entsprechend zugeordnet werden. In etwas weniger ausgeprägter Form lassen sich Einteilungen in Phasen auch bei Sheridan und Verplank (1978) finden.

Die ersten Überlegungen für ein Stufenmodell im Rahmen dieser Arbeit basierten auf dem Modell von Billings (1997) und sind bei Berndt, Mentler und Herczeg (2017) beschrieben. Die Phasen von Kaber und Endsley (2004) lassen sich in Verbindung bringen mit dem Führungsvorgang, wie in Abschnitt 2.3 vorgestellt und damit auch mit der SA (siehe Abschnitt 5.3.5):

- Überwachung = Kontrolle im Führungsvorgang
- Planung = Beurteilung als Teil der Planung im Führungsvorgang
- Entscheidung = Entschluss im Führungsvorgang
- Ausführung = Befehlsgebung im Führungsvorgang

Im Folgenden werden die Modelle von Billings (1997) und von Kaber und Endsley (2004) weiter betrachtet und zusammengeführt.

### 9.3.1 Modifizierung des Modells von Kaber und Endsley

Im Modell von Kaber und Endsley (2004) ist für einzelne Phasen (z.B. die Planung) eine Erledigung durch den Menschen, durch den Computer oder gemeinsam vorgesehen, wobei es Bedingungen gibt. So erfordert Automatisierung in der Entscheidung, dass die Planung zumindest teilautomatisiert ist, da diese die Entscheidungsgrundlage bildet. Eine Teilautomatisierung der Überwachung ist für die Automatisierung der Planung notwendig. Die Vollautomatisierung der Überwachung bedingt eine Vollautomatisierung der anderen Phasen, der Mensch hat dann keine Aufgabe mehr (außer ggf. zu intervenieren). Mit dieser Betrachtung fällt auf, dass das Modell nicht alle möglichen Stufen umfasst. Im Sinne eines kontinuierlichen Spektrums wird das Modell daher in Tabelle 14 durch fehlende Stufen erweitert. Auffällig ist, dass die Stufen der „Gemischten Entscheidungsfindung“ und des „Starren Systems“ ihre Position tauschen.

Die Teilautomation der Phasen lässt sich auf unterschiedliche Weise realisieren. Sie kann in Form einer Entscheidungsunterstützung realisiert sein, bei der der Mensch die finale Entscheidung hat. Sie kann aber auch im Sinne einer „Human Supervisory Control“ (siehe Abschnitt 5.3.1) bedeuten, dass der Mensch kleinteilige Aufgaben an den Computer abgibt, so dass diese selbst in die Stufe 15 fallen. In diesem Fall lässt sich der Computer untergeordnet in der Führungsstruktur einordnen.

Das neu entstandene Modell hat den Vorteil, dass es unter Berücksichtigung der bereits genannten Bedingungen eine Teil- und Vollautomation jeder Phase zulässt. Damit wäre es im Sinne eines kontinuierlichen Spektrums transparent für den Benutzer umsetzbar, wobei die hohe Zahl an Automationsstufen den Effekt wieder reduzieren könnte. Die niedrigen Stufen können teilweise als Assistenz aufgefasst werden, da hier der Computer nicht selbst handelt. Eine Grenze könnte zwischen Stufe 7 und 8 gezogen werden, da ab Stufe 8 der Mensch nicht mehr mit plant.

	Überwachung	Planung	Entscheidung	Ausführung
• 1: Manuelle Kontrolle	M	M	M	M
• (2: im Grundmodell fehlende Stufe)	M+C	M	M	M
• 3: Unterstützung bei der Ausführung	M+C	M	M	M+C
• 4: Übergabe der Ausführung an den Computer	M+C	M	M	C
• (5: im Grundmodell fehlende Stufe)	M+C	M+C	M	M
• 6: Geteilte Steuerung	M+C	M+C	M	M+C
• 7: Unterstützung bei der Entscheidung	M+C	M+C	M	C
• (8: im Grundmodell fehlende Stufe)	M+C	C	M	M+C
• 9: Starres System	M+C	C	M	C
• (10: im Grundmodell fehlende Stufe)	M+C	M+C	M+C	M+C
• 11: Gemischte Entscheidungsfindung	M+C	M+C	M+C	C
• (12: im Grundmodell fehlende Stufe)	M+C	C	M+C	M+C
• (13: im Grundmodell fehlende Stufe)	M+C	C	M+C	C
• (14: im Grundmodell fehlende Stufe)	M+C	M+C	C	M+C
• 15: Automatische Entscheidungsfindung	M+C	M+C	C	C
• (16: Fehlende Stufe)	M+C	C	C	M+C
• 17: Überwachung der Steuerung	M+C	C	C	C
• 18: Volle Automation	C	C	C	C

Tabelle 14: Modell von Kaber und Endsley (2014) mit der Prämisse, dass sich Stufen gegenseitig bedingen. Im Original-Modell fehlende Stufen sind eingeklammert als „im Grundmodell fehlende Stufe“ eingeführt.

Fraglich ist allerdings, ob die fehlenden Stufen überhaupt sinnvoll sind, insbesondere da sie sich auch in anderen Modellen zu Stufen der Automation nicht wiederfinden lassen (siehe Tabelle 11).

Folgende Eigenschaften und Probleme lassen sich bezüglich der neuen Stufen feststellen:

- Die Stufen 2 und 5 sind eine sinnvolle Ergänzung. In beiden Fällen unterstützt das System den Benutzer, ohne an der Entscheidungsfindung oder Ausführung beteiligt zu sein.
- In den Stufen 8, 12 und 16 plant das System komplett, die Umsetzung soll jedoch teilweise durch den Menschen erfolgen, der sich also die Planung aneignen müsste.
- In Stufe 10 entscheidet der Computer mit, in Stufe 14 allein. Dafür muss er in der Regel die komplette Planung kennen und kann diese dann auch einfach umsetzen.

- Die Stufe 13 ist sinnvoll, denn sie entspricht dem „Starren System“ mit der Änderung, dass der Computer in der Entscheidungsphase mitentscheiden darf.

Die fehlenden Stufen sind also teilweise nicht sinnvoll. Daher wird das Modell in Tabelle 15 verfeinert, indem Stufen entfernt werden, in denen die bedingte Stufe einen höheren Automationsgrad hat als die andere Stufe. Zudem wird postuliert, dass nur die direkt bedingte Stufe noch teilautomatisiert sein kann, um Probleme wie mit Stufen (8) und (12) zu vermeiden. Gleichzeitig werden die Stufen neu benannt und mit römischen Ziffern neu nummeriert:

	Überwachung	Planung	Entscheidung	Ausführung
• 1/I: Manuelle Kontrolle	M	M	M	M
• 2/II: Geteilte Überwachung	M+C	M	M	M
• 3/III: Geteilte Ausführung	M+C	M	M	M+C
• 4/IV: Automatische Ausführung	M+C	M	M	C
• 5/V: Geteilte Planung	M+C	M+C	M	M
• 6/VI: Geteilte Planung und Ausführung	M+C	M+C	M	M+C
• 7/VII: Geteilte Planung und automatische Ausführung	M+C	M+C	M	C
• 9/VIII: Automatische Planung und automatische Ausführung	M+C	C	M	C
• 11/IX: Geteilte Planung und Entscheidungsfindung und automatische Ausführung	M+C	M+C	M+C	C
• 13/X: Automatische Planung, geteilte Entscheidungsfindung und automatische Ausführung	M+C	C	M+C	C
• 17/XI: Automatische Planung, Entscheidung und Ausführung	M+C	C	C	C
• 18/XII: Volle Automation	C	C	C	C

Tabelle 15: Stufenmodell mit zum Modell in Tabelle 14 reduzierter Stufenzahl in alter und neuer Nummerierung.

Die Tabelle 15 weist neben der bereits erwähnten Stufenumstellung drei neue Stufen im Vergleich zum Modell von Kaber und Endsley (2014) auf, dafür fehlt die Stufe „Automatische Entscheidungsfindung“. Diese scheint ohnehin unrealistisch zu sein, da sie bedeuten würde, dass der Computer „vergisst“, ihm verständliche, da für die Entscheidung wichtige, Optionen zu planen. Gleichzeitig müsste der Mensch diese planen und für den Computer verständlich eingeben, wäre aber in der Entscheidungsfindung außen vor.

## 9.4 Automation in Bezug auf die Funktionalität

In diesem Abschnitt wird die Funktionalität gemäß dem in Abschnitt 9.3.1 vorgestellten Stufenmodell bezogen auf die Module und die ihnen zugeordneten Aufgaben (siehe Abschnitt 8.4.3) geklärt. Dabei wird auch die reine Assistenz gemäß Definition in Kapitel 1 einbezogen.

### 9.4.1 Überwachung

Die Überwachung bezieht sich im FUS auf die im System vorhandenen Daten und weniger auf die Datensammlung vor Ort (siehe Abschnitt 8.1.3) und ist in Tabelle 16 dargestellt.

<b>Modul</b>	<b>Funktionalität der Automation</b>
<b>Akteur „Mensch“ (lediglich Assistenz)</b>	
Allgemein / Modulübergreifend	<ul style="list-style-type: none"><li>• Anzeige von Listen und Übersichten zum Modul</li><li>• Anbieten von Filter- und Suchfunktionen</li><li>• Anzeige datenunabhängiger Hilfen (z.B. Checklisten)</li></ul>
<b>Akteure „Mensch &amp; Computer“</b>	
Allgemein / Modulübergreifend	<ul style="list-style-type: none"><li>• Erkennung von Fehlern und Problemen in den Daten</li><li>• Aggregation und Einschätzung der Relevanz von Daten</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein- oder Ausblenden von Daten</li> </ul>
Verletztenverwaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Information, wenn Verletzte über bestimmte Zeit (fest oder in Abhängigkeit anderer Verletzter) nicht behandelt wurden</li> <li>• Information, wenn Verletzte in einer den Daten (v.a. Priorität / SK) widersprechenden Reihenfolge versorgt werden</li> <li>• Erkennung und Anzeige der Verletzten, die abhängig vom Ablauf des MANV am dringendsten zu versorgen sind</li> </ul>
Fahrzeugverwaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Information, wenn Fahrzeuge über längere Zeit ohne Aufgabe an einem Ort stehen</li> <li>• Feststellung, ob Behandlungskapazitäten gleichmäßig verteilt sind, insbesondere auch, falls Verletzte hinzukommen oder sich Behandlungsprioritäten ändern</li> <li>• Berechnung eines Fahrzeugstatus auf Basis der verfügbaren und ankommenden Fahrzeuge</li> <li>• Berechnung der Transportkapazität</li> </ul>
Transportverwaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feststellung, ob Transporte sinnvoll verteilt sind in Bezug auf verschiedene Faktoren (insbesondere Fahrzeuge zu Verletzten, Fahrzeuge zum Transport in das Krankenhaus)</li> <li>• Feststellung, ob Transportverteilung sinnvoll ist in Bezug auf die Fahrzeugkapazität der Strukturen</li> <li>• Prüfung der Verteilung in Bezug auf Effektivität (Gesamtergebnis über alle Verletzten) und Effizienz (zeitliche Dauer)</li> </ul>
Karte und Strukturen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feststellung, ob Strukturen sinnvoll verteilt sind (optimaler Standort zwischen Schadensort und Anfahrtsweg)</li> <li>• Feststellung, ob Strukturen für den jeweiligen Ort passend, unter- oder überdimensioniert sind (Kapazität)</li> <li>• Feststellung der Auslastung der Strukturen</li> </ul>
<b>Akteur „Computer“</b>	
Allgemein / Modulübergreifend	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkennung der für die Aufgabenbearbeitung relevanten Zusammenhänge, die sich aus den Daten ergeben und für weitere Schritte notwendig sind</li> </ul>

Tabelle 16: Automationsfunktionalität für die Überwachungsphase, getrennt nach Akteur.

## 9.4.2 Planung

Die Planung bezieht sich vor allem auf die Generierung von Optionen für die Entscheidungsphase. Im Führungskreislauf in Abbildung 4 ist der Begriff anders verwendet, aber die Teilphase der Beurteilung passt zur hier verwendeten Bedeutung der Planung. Sie wird in Tabelle 17 behandelt.

<b>Modul</b>	<b>Funktionalität der Automation</b>
<b>Akteur „Mensch“ (lediglich Assistenz)</b>	
Allgemein / Modulübergreifend	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anzeige der Planungen als Soll-Zustand, falls diese in das System eingetragen werden können</li> </ul>

<b>Akteure „Mensch &amp; Computer“</b>	
Allgemein / Modulübergreifend	<p>Auf Basis der Überwachungsphase</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbereitung einer oder mehrerer Handlungsoptionen, wobei der Mensch nicht an diese gebunden ist</li> <li>• Anzeige von Empfehlungen</li> <li>• Konkretisierung der Handlungsoptionen</li> </ul>
Verletztenverwaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empfehlung der Versorgung von Verletzten, die seit längerer Zeit nicht versorgt worden sind</li> <li>• Empfehlung einer Reihenfolge für die Versorgung</li> <li>• Vorschlag von Zeitpunkten für Aktionen (wie den Transport zu den BHP)</li> <li>• Empfehlung von Änderungen in der Versorgung</li> <li>• Berechnung der Effektivität und Effizienz für Handlungsoptionen (z.B. mit Nähe und Belegung aller Behandlungsplätze zu einem Verletzten)</li> </ul>
Fahrzeugverwaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorschlag einer oder mehrerer möglicher Zuteilungen der Fahrzeuge zu Strukturen</li> <li>• Vorschlag einer Aufgabe für ankommende Fahrzeuge, um die Wartezeit gering zu halten</li> <li>• Berechnung der Auswirkungen der Fahrzeugverteilung für eine oder mehrere Handlungsoptionen</li> </ul>
Transportverwaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorschlag einer Zuteilung von Verletzten, Fahrzeugen und Krankenhäusern</li> </ul>
Karte und Strukturen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empfehlung der Anzahl der jeweiligen Strukturen und</li> <li>• Vorschlag für mögliche Orte auf Basis von Benutzereingaben und/oder Kartenmaterial</li> </ul>

<b>Modul</b>	<b>Funktionalität der Automation</b>
<b>Akteur „Computer“</b>	
Allgemein / Modulübergreifend	<p>Auf Basis der Überwachungsphase</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Generierung von Entscheidungsoptionen, auch mehrerer, um unterschiedliche Strategien zuzulassen</li> </ul>
Verletztenverwaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empfehlung eines Personalansatzes für die Versorgung der Verletzten</li> <li>• Vorschlag einer oder mehrerer Strategien (schneller Transport in BHP oder längere Behandlung vor Ort)</li> </ul>
Fahrzeugverwaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufzeigen unterschiedlicher Möglichkeiten für die Verteilung der Fahrzeuge (z.B. mehr Fahrzeuge in die Behandlung oder in den Transport)</li> </ul>

Transportverwaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vorschlag des Transports nach Metriken, zum Beispiel: Verletzte nach Priorität effizient abtransportieren, Verletzte insgesamt möglichst zügig abtransportieren, Verletzte langsam mit effektiverer Behandlung abtransportieren, um Krankenhäuser zu entlasten</li> </ul>
Karte und Strukturen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erstellung unterschiedlicher Varianten für die Platzierung von Strukturen</li> </ul>

Tabelle 17: Automationsfunktionalität für die Planungsphase, getrennt nach Akteur.

### 9.4.3 Entscheidung

In der Phase der „Entscheidung“ wird eine der geplanten Optionen ausgewählt, wie Tabelle 18 aufzeigt. Im Führungskreislauf in Abbildung 4 findet sich das in Form des „Entschlusses“ wieder.

Modul	Funktionalität der Automation
<b>Akteur „Mensch“ (lediglich Assistenz)</b>	
Allgemein / Modulübergreifend	<ul style="list-style-type: none"> <li>Möglichkeit der Eintragung der Entscheidung (Dokumentation)</li> </ul>
<b>Akteure „Mensch &amp; Computer“</b>	
Allgemein / Modulübergreifend	Auf Basis der Planungsphase <ul style="list-style-type: none"> <li>Vorschlag einer Handlungsoption mit Begründung, insbesondere bezüglich der Effektivität und Effizienz</li> </ul>
<b>Akteur „Computer“</b>	
Allgemein / Modulübergreifend	Auf Basis der Planungsphase <ul style="list-style-type: none"> <li>Entscheidung für eine Handlungsoption, insbesondere aufgrund der Effektivität und Effizienz</li> </ul>

Tabelle 18: Automationsfunktionalität für die Entscheidungsphase, getrennt nach Akteur.

### 9.4.4 Ausführung

Der Begriff der „Ausführung“ bezieht sich im FUS auf die Befehlsgebung im Sinne des Führungsvorgangs (siehe Abbildung 4). Die tatsächliche Durchführung vor Ort erledigen in aller Regel Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion. Die Ausführung ist in Tabelle 19 zusammengefasst.

Modul	Funktionalität der Automation
<b>Akteur „Mensch“ (lediglich Assistenz)</b>	
Allgemein / Modulübergreifend	<ul style="list-style-type: none"> <li>keine</li> </ul>
<b>Akteure „Mensch &amp; Computer“</b>	
Allgemein /	Auf Basis der Entscheidungsphase

Modulübergreifend	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbereitung von Einsatzbefehlen / Aufträgen</li> <li>• Automatische Übermittlung gegebener Aufträge</li> <li>• Konkretisierung und Präzisierung von Aufträgen</li> </ul>
Verletztenverwaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufteilung von Aufträgen, die mehrere Verletzte umfassen, nach der SK und Priorität</li> <li>• Präzisierung von Aufträgen in Bezug auf Maßnahmen</li> </ul>
Fahrzeugverwaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konkretisierung von Aufträgen, wenn mehrere Fahrzeuge beauftragt oder ein Fahrzeugtyp definiert wurde</li> </ul>
Transportverwaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umsetzung von Angaben wie der Beauftragung des örtlich nächsten Fahrzeugs</li> </ul>
Karte und Strukturen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Genaue Ortsinformation (z.B. naheliegende Straße) für definierte Orte ermitteln</li> </ul>
<b>Akteur „Computer“</b>	
Allgemein / Modulübergreifend	<p>Auf Basis der Entscheidungsphase</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beauftragung der notwendigen Aufgaben</li> <li>• Umsetzung einer Strategie</li> </ul>
Verletztenverwaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Koordination der Versorgung der Verletzten nach SK und Priorität</li> </ul>
Fahrzeugverwaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Senden von Fahrzeugen, wenn diese aufgrund von Eintragungen im System (auch in anderen Modulen) benötigt werden und sobald diese verfügbar sind</li> </ul>
Transportverwaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umsetzung geplanter Transporte, sobald Fahrzeuge und Krankenhauskapazitäten verfügbar sind</li> </ul>
Karte und Strukturen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anordnung der Einrichtung von Strukturen gemäß dem MANV-Konzept</li> </ul>

Tabelle 19: Automationsfunktionalität für die Ausführungsphase, getrennt nach Akteur.

#### 9.4.5 Ergebnis

Mit der Ausgestaltung der Phasen wäre das Stufenmodell aus Tabelle 15 umsetzbar. So ergibt sich beispielsweise für die Stufe der „Geteilten Planung und automatischen Ausführung“ und das Verletztenmodul (verkürzt auf eine Funktionalität):

- Überwachung (M+C): Information, wenn Verletzte über bestimmte Zeit (fest oder in Abhängigkeit anderer Verletzter) nicht behandelt wurden.
- Planung (M+C): Empfehlung der Versorgung von Verletzten, die seit längerer Zeit nicht versorgt worden sind.
- Entscheidung (M): Möglichkeit der Eintragung der Entscheidung (Dokumentation).

- Ausführung (M+C): Vorbereitung von Einsatzbefehlen / Aufträgen mit Aufteilung von Aufträgen, die mehrere Verletzte umfassen, nach der SK und Priorität und automatische Übermittlung gegebener Aufträge.

Damit ergeben sich bezogen auf die Module konkrete Ansatzpunkte für die Automatisierung. Es ist relativ naheliegend, dass in einem System für den MANV mit stufenbasierter Automation die Extremfälle der Skala entfallen sollten. Wenn ein System in der Lage ist, Fehler zu erkennen, so wäre es wenig sinnvoll, diese nicht anzuzeigen im Sinne einer „manuellen Kontrolle“. Eine Vollautomation ohne Informationsfluss ist ungünstig, weil sie den Menschen aus dem Gesamtprozess ausschließt. Im Vergleich dazu hat dieser in der Stufe „Überwachung der Steuerung“ noch die Möglichkeit der Überwachung, gleichwohl bleibt die Effizienz identisch, da die anderen Phasen vom Computer übernommen werden. Zudem bleibt der Benutzer „in the loop“. Er kann weiterhin Verantwortung für den Gesamtprozess übernehmen und bei Bedarf die Automationsstufe senken oder anderweitig in den Prozess eingreifen. Die Stufe der „Vollen Automation“ lässt sich auch mit Blick auf die Analysen dieser Arbeit (siehe Abschnitte 2 bis 6) ausschließen. Diese zeigen für den MANV eine hohe Komplexität, die kaum für jede Situation passend modelliert werden kann.

## 9.5 Vereinfachtes Stufenmodell

Das in Abschnitt 9.3.1 konzipierte Modell ist eine logische Folge der Analysen und konzeptioneller Überlegungen, dessen theoretische Umsetzbarkeit in Abschnitt 9.4 diskutiert wurde. Der Detailgrad und die Menge der Stufen bergen jedoch das Risiko, dass der Benutzer die Unterschiede nicht versteht oder deren Auswirkungen nicht wahrnimmt. Dieser Aspekt wird massiv verstärkt durch die Tatsache, dass heutige Benutzer bisher in aller Regel noch nicht einmal mit einem integrierten MANV-System ohne Automaten in Berührung gekommen sein dürften (siehe Abschnitt 7). Ein solches ist die Voraussetzung für die genannte Automatisierung.

Mit Blick auf die Hypothesen dieser Arbeit (siehe Abschnitt 1.3) ist eine feingranulare Unterteilung in viele Stufen gar nicht notwendig. Hypothese 2 thematisiert lediglich, dass der Automationsgrad einstellbar sein müsse, um zu den Anforderungen der Benutzer zu passen und akzeptiert zu werden. Umgekehrt könnten sich viele Stufen, gerade in einem ohnehin unbekanntem System, schädlich in Bezug auf die Untersuchungen auswirken:

- Falls die Automation unverständlich würde, ließe sich Hypothese 3 kaum prüfen. Ebenso ließe sich Hypothese 1 nicht mehr an der Arbeitsweise prüfen.
- Ein Verwerfen der Hypothese 2 wäre nahezu unmöglich, da sich nicht gesichert sagen ließe, ob die Umstellbarkeit oder die Umsetzung der Stufen nicht zielführend war und

- beim Vergleich von Stufen untereinander, etwa auf den Nutzen und die Sinnhaftigkeit, wäre mit geringeren Unterschieden zu rechnen, wodurch eine Erreichung von Signifikanz in einer Evaluation unwahrscheinlicher würde.

Zugunsten der Untersuchungen wird daher nachfolgend das Modell vereinfacht, indem aus dem Modell der Tabelle 15 vier Stufen gewählt werden, wobei das Modell kontinuierlich bleibt (siehe Tabelle 20). Hierbei ist explizit festzustellen, dass diese Reduktion der Zielsetzung dieser Arbeit und den anzunehmenden Erfordernissen eines Evaluationskontextes (begrenzte Zeitdauer ohne vorherige Kenntnis des Grundsystems) im Rahmen des aktuellen Stands der Technik geschuldet ist. Für den Fall einer positiven Beantwortung der Hypothesen dieser Arbeit wird vorgeschlagen, die genaue Ausprägung der Automationsstufen weiter zu untersuchen. Eine weitere Änderung erfährt das Modell in dem Sinne, dass die Stufe „Manuelle Kontrolle“ enthalten ist. Diese wurde zwar oberhalb als nicht sinnvoll in einem System mit Automation genannt, dient aber der Untersuchung der Hypothesen, die unter anderem klären, ob Automation überhaupt sinnvoll und akzeptabel ist. Für Hypothese 1 ist ein Vergleich zwischen einem System ohne und mit Automation notwendig, denn bezüglich Hypothese 2 und 3 kann die komplette Abstellung eine Nichtakzeptanz oder eine gewollte Nichtnutzung anzeigen.

	Überwachung	Planung	Entscheidung	Ausführung
• Manuelle Kontrolle (I)	M	M	M	M
• Geteilte Planung (V)	M+C	M+C	M	M
• Geteilte Planung und Entscheidungsfindung (IX)	M+C	M+C	M+C	C
• Automatische Planung (XI)	M+C	C	C	C

Tabelle 20: Vereinfachtes Modell mit vier Stufen der Automation.

Das entstandene Modell ermöglicht eine vereinfachte Stufenbezeichnung mit den Begriffen „ohne Automation“, „Empfehlungen“, „Vorschläge“ und „Vollautomation“. Diese dürften für den Benutzer ohne weitere Erklärung verständlich sein und damit bei der Erfüllung der Hypothese 3 helfen. Der Begriff der Vollautomation könnte insofern für die genannte Stufe als kritisch gesehen werden, dass der Benutzer durch Systemnutzung alle Aufgaben auch parallel selbst durchführen kann und insbesondere in der Lage ist den Systemzustand zu beobachten und zu intervenieren, weshalb sie nicht mit der in Tabelle 15 definierten Stufe „Volle Automation“ übereinstimmt. Gleichwohl wurde kein passenderer, allgemein verständlicher Begriff gefunden. Zudem lässt sich eine Analogie zum Begriff der „Vollautomation“ in Kraftfahrzeugen feststellen, der einigen Benutzern aus den Medien bekannt sein dürfte (siehe Abschnitt 5.3.1). Im Sinne der kritischen

Betrachtung von Vollautomation für den MANV bereits in Abschnitt 9.2.1 erscheint es unbedingt nötig, dass der Benutzer diese so weit wie möglich versteht.

## 9.6 Grundlegende Konzeption der Automation

In diesem Kapitel werden Überlegungen zur Konzeption der Automation beschrieben, die der späteren Konzeption der Programmlogik und der Benutzungsoberfläche dienen.

### 9.6.1 Umstellung der Automationsstufe durch den Benutzer

Eine Möglichkeit der Umstellung der Stufe der Automation durch den Benutzer ist obligatorisch aufgrund der Hypothese 2 dieser Arbeit. Dafür gibt es unterschiedliche Möglichkeiten. In Tabelle 21 werden die in Betracht gezogenen Varianten mit Vor- und Nachteilen aufgelistet.

<b>Variante 1: Direktauswahl der gewünschten Stufe</b>	
Umsetzungsvarianten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liste mit Automationsstufen</li> <li>• Einfachoptionsfelder („Radio-Buttons“)</li> <li>• Dropdown-Menü</li> </ul>
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klare Zustandsanzeige</li> <li>• Benennung jeder Stufe, gegebenenfalls auch kurze Erklärung</li> <li>• Das Überspringen von Stufen ist möglich</li> <li>• Nur beim Dropdown-Menü: Wenig Platzverbrauch</li> </ul>
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Benutzer muss das Automationsspektrum gut verstanden haben (weniger bei Einfachoptionsfeldern)</li> <li>• Gutes mentales Modell des Prozesses und der Auswirkung der Automation notwendig</li> </ul>
<b>Variante 2: Auswahl mittels eines Spektrums</b>	
Umsetzungsvarianten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schieberegler</li> <li>• (Halb-)kreis mit Indikator (z.B. Pfeil)</li> </ul>
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transparenz des Automationsgrades im Spektrum</li> <li>• Automationsgrad ohne Wissen um exakte Automation wählbar</li> <li>• Möglichkeit zum Überspringen von Stufen</li> </ul>
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gutes mentales Modell des Prozesses und der Auswirkung der Automation notwendig</li> <li>• Wenig Information zur Ausgestaltung der Automation</li> <li>• Stufenbenennung wird maximal für aktive Stufe angezeigt</li> <li>• Problematisch, wenn Stufen nicht gleichmäßig verteilt sind</li> </ul>

<b>Variante 3: Wechsel der Automation jeweils um eine Stufe</b>	
Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zwei Buttons (- und + oder „niedriger“ und „höher“)</li> </ul>
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tendenziell geringe Auswirkungen beim Wechsel und damit Ausprobieren möglich</li> <li>• Kein ausgeprägtes mentales Modell bezüglich der einzelnen Stufen und Auswirkungen notwendig</li> </ul>
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stufen können nur schrittweise gewählt werden; gezielte Stufe, auch wenn gewünscht, nicht direkt ansteuerbar</li> <li>• Verständlichkeit nur durch Beobachtung der Auswirkungen</li> <li>• Bei vorsichtiger Bedienung wird gegebenenfalls ein sinnvoller Wechsel in eine höhere Stufe nicht ausgeführt</li> <li>• Problematisch, wenn Stufen nicht gleichmäßig verteilt sind</li> <li>• Stufen müssen jeweils eindeutig die Automation erhöhen</li> </ul>
<b>Variante 4: Wechsel der Automation anhand von Phasen</b>	
Umsetzungsvarianten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrfachauswahl mit Checkboxen (z.B. Überwachung, Planung, Entscheidung, Ausführung)</li> <li>• Von bisheriger Auswahl abhängige Auswahlmöglichkeiten</li> </ul>
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klare Einteilung der Phasen auf Mensch und Computer</li> <li>• Kompatibilität mit Führungskreislauf (siehe Abbildung 4).</li> </ul>
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gutes mentales Modell vom Prozess der Führung notwendig</li> <li>• Keine klare Auswahl verschiedener Stufen</li> <li>• Bedingungen können komplex werden und eventuell im Betrieb als nicht logisch erscheinen.</li> </ul>

Tabelle 21: Varianten für die Umstellung der Automationsstufe durch den Benutzer.

Mit der Anfertigung von Papierprototypen wurde festgestellt, dass sich Kombinationsmöglichkeiten ergeben. Wird zum Beispiel ein Spektrum mit den Stufen beschriftet, dann entspricht es der Variante 1 und 2. Bei den Varianten 3 und 4 erscheint es sinnvoll, wenn es eine Anzeige des Spektrums, beispielsweise in Form von Variante 2, gibt. Vorteile können verstärkt und Nachteile abgemildert werden, indem Beschreibungen oder Erklärungen hinzugefügt werden.

Alle Varianten können sowohl auf das einfache als auch das ausführliche Stufenmodell bezogen werden, wobei die Vor- und Nachteile offensichtlich mit der Anzahl der Stufen gravierender oder unbedeutender werden. Für die Realisierung im Rahmen dieser Arbeit mit dem einfachen Modell wird eine Lösung gesucht, die die in Abschnitt 9.5 genannten Bezeichnungen einbezieht, da sie zur Verständlichkeit gemäß Hypothese 3 beitragen sollen. Dafür bieten sich eine Realisierung der Variante 1 oder 2 an, wobei alle Stufen mit Bezeichnung lesbar sind. Der naheliegendste Ansatz sind Einfachoptionsfelder, deren Nachteile bei wenigen Stufen kaum zu Geltung kommen.

## 9.6.2 Umstellung der Automationsstufe durch das System

Das System soll grundsätzlich die Automationsstufen nicht selbst umstellen können (siehe Abschnitt 5.3.5). Allerdings wäre es sinnvoll, wenn das System eine Umstellung empfehlen könnte, falls die Bearbeitung des MANV nicht effektiv oder effizient abläuft (siehe Kapitel 6, insbesondere Problemfeld P6). Dafür müssten entweder Prüfroutinen aufgestellt werden, die den Gesamtprozess des MANV in Bezug auf Effektivität und Effizienz bewerten (siehe Abschnitt 4.2.2) oder einzelne kritische Aspekte identifiziert werden. Die letztgenannte Variante lässt sich auf Aufgaben beziehen, da sie erfüllt ist, wenn (dringende) Aufgaben unbearbeitet bleiben, während es Fahrzeuge gibt, die über eine definierte Zeitspanne keinen Auftrag haben. Die aufgabenbasierte Automation ermöglicht also eine Erweiterung, indem das System dem Benutzer die Umstellung der Automationsstufe empfehlen kann, wobei die Art der Empfehlung an die gewählte Variante der Umstellung durch den Benutzer angepasst sein muss (siehe Abschnitt 9.6.1). Eine solche Empfehlung wäre eine Assistenzfunktion gemäß Kapitel 1.

## 9.7 Fazit

In dieser Arbeit wird Automation im Rahmen des FUS auf Basis der Aufgaben umgesetzt. Jeder Automationsansatz soll in vier Stufen vorliegen, die anhand wissenschaftlicher Automationsmodelle schrittweise erarbeitet wurden. Die Konzeption und Implementierung erfolgt regelbasiert. Die Umstellung der Stufen erfolgt durch den Benutzer anhand von Einfachoptionsfeldern. Die Automationsform passt zu den Analysen dieser Arbeit, insbesondere in Bezug auf den Anwendungskontext und die SA des Benutzers und ermöglicht die Untersuchung der Hypothesen.

# Teil 3: Implementierung und Evaluation

In diesem Teil der Arbeit wird die Implementierung der Systemlösung als praktischer Teil dieser Arbeit beschrieben (siehe Kapitel 10). Anschließend werden die Evaluation und deren Ergebnisse beschrieben und eingeordnet (siehe Kapitel 11).

# 10 Implementierung der Systemlösung

Die Implementierung der Systemlösung gliedert sich in unterschiedliche Systemteile, insbesondere das FUS inklusive der Automation und den restlichen Teil des MANV-Systems (siehe Abbildung 25). Die Implementierung basiert auf der Konzeption in Kapitel 8 und 9. In Abschnitt 10.1 werden die Grundlagen für die Implementierung erläutert. Anschließend folgt in Abschnitt 10.2 die Implementierung des FUS. Die im Rahmen dieser Arbeit realisierten Systeme für andere Einsatzkräfte werden in Abschnitt 10.3 beschrieben, wobei auch Simulationskomponenten und andere Dateneingabequellen zu diesen gezählt werden (siehe Abschnitte 8.9 und 8.10). Anschließend wird in Abschnitt 10.6 die Netzwerkimplementierung erläutert.

## 10.1 Grundlagen

Das MANV-System sollte technologisch möglichst einheitlich entwickelt werden, insbesondere in Bezug auf die Programmiersprache. Vorteil dieser Maxime ist es, Einarbeitungsaufwand in unterschiedliche Technologien zu vermeiden und eine Wiederverwendbarkeit von Code, etwa in der Netzwerk-Kommunikation, zu ermöglichen.

Die möglichen Programmiersprachen ergeben sich teilweise durch die eingesetzten Geräte und ihre Betriebssysteme. Bei den für die Verwendung in Betracht gezogenen oder genutzten Smartglasses (Google Glass, Vuzix M300) und Smartwatches (Sony Smartwatch 3) ist ein Android-Betriebssystem vorhanden. Als Tablets für das Führungskräfte-System werden analog zu den Desktop-Computern im ELW solche mit Windows-Betriebssystem vorgesehen, um eine direkte Lauffähigkeit des FUS auf beiden Gerätearten zu gewährleisten (siehe Abschnitt 8.3). Ein weiterer Aspekt ist anfangs die Geräteverfügbarkeit gewesen, da aus den vorherigen Arbeiten am Institut (siehe Abschnitt 1.4.1) zwei robuste, für den Außeneinsatz geeignete Windows-Tablets aus der C5/F5-Serie von Motion Computing zur Verfügung standen. Da robuste Tablets mittlerweile im Rettungsdienst ausreichend bekannt sind und die Robustheit in dieser Arbeit lediglich für den späteren Praxiseinsatz vorausgesetzt, aber nicht untersucht wird, konnte schließlich ein Standard-Tablet vom Typ Acer Switch 3 genutzt werden (12,2 Zoll).

Für die Programmierung kamen damit Web-Technologien, Java-Anwendungen oder eine Kombination in Frage. Aufgrund diverser Vorteile nativ entwickelter Anwendungen, etwa beim Zugriff auf Gerätefunktionalität wie die Kamera, wurde Java als Programmiersprache ausgewählt. Viele mobile Geräte, insbesondere die verwendeten Smartglasses und Smartwatches können mit dem Android-SDK in Java und programmiert werden, wobei für die Benutzungsoberfläche

üblicherweise die „Extensible Markup Language“ (XML) genutzt wird. Für das FUS wurde JavaFX<sup>56</sup> als Framework für die grafische Benutzungsoberfläche ausgewählt. Es ermöglicht die Strukturierung der Benutzungsschnittstelle mittels Dateien in der XML-basierten Markup-Sprache FXML und die Gestaltung mittels „Cascading Style Sheets“ (CSS). Beide Technologien sind auch im Bereich der Web-Anwendungen Standard.

Die Server-Software wurde ebenfalls in Java implementiert. Beim Datenaustausch können somit serialisierte, das heißt in einen sequenziellen Datenstrom umgewandelte, Java-Objekte versendet und empfangen werden.

## 10.2 Implementierung des FUS

In diesem Abschnitt wird die Implementierung des FUS beschrieben. Es bildet die Basis zur Implementierung von Automation, die informatisch als Erweiterung angesehen werden kann. Nachfolgend werden zuerst die Grundüberlegungen und der Aufbau der Benutzungsschnittstelle vorgestellt (siehe Abschnitt 10.2.1 bis 10.2.3), bevor die einzelnen Module erläutert werden (siehe Abschnitt 10.2.4 bis 10.2.9).

### 10.2.1 Architekturmuster für die Implementierung

Die Analyse und Konzeption indizieren, dass das FUS umfangreiche Implementierungsarbeiten und damit ein tragfähiges Architekturmuster benötigt. Im Wesentlichen wird der von den Entwicklern von JavaFX vorgesehene modifizierte Model-View-Controller-Ansatz (MVC) genutzt, also eine Aufteilung in Komponenten für das Datenmodell, die Ansicht und die Steuerungslogik. Dabei wird die Struktur der Ansichten mit Positionierung von Elementen wie Layouts oder Feldern im Wesentlichen mittels FXML implementiert und befindet sich in eigenen Dateien. Das genaue Aussehen auf Ebene einzelner Elemente wird wie vorgesehen mittels CSS spezifiziert. Die Architektur wird im Folgenden genauer beschrieben und in Ihren Grundlagen in Abbildung 28 veranschaulicht.

Die Steuerungslogik (Controller) ist in Java implementiert. Ein Großteil davon hat eine enge Bindung an die Ansicht (View), da sie in weiten Teilen auf Eingaben des Benutzers basiert oder Ausgaben in der Ansicht zur Folge hat. Dementsprechend hat in JavaFX grundsätzlich jede Ansicht eine zugehörige Steuerungsklasse, im Programmcode als „ViewController“ bezeichnet. In diesen Klassen kann die Ansicht manipuliert werden, zudem erfolgt die grundlegende

---

<sup>56</sup> JavaFX wurde bereits in den vorherigen Arbeiten am Institut zur Patientendokumentation im MANV verwendet. Eine Weiterverwendung des Programmcodes wurde erwogen, nach Diskussion mit einem beteiligten Kollegen aber verworfen.

Spezifikation komplexer Elemente, die in FXML nicht ausreichend beschrieben werden können. Dazu gehören etwa Diagramme oder die Filterfunktionalität für Listen. Neben der ansichtsbezogenen Steuerungslogik gibt es auch Steuerungsklassen, die unabhängig von der Ansicht funktionieren. Dazu gehören insbesondere auch die Simulations- und Automationskomponenten.

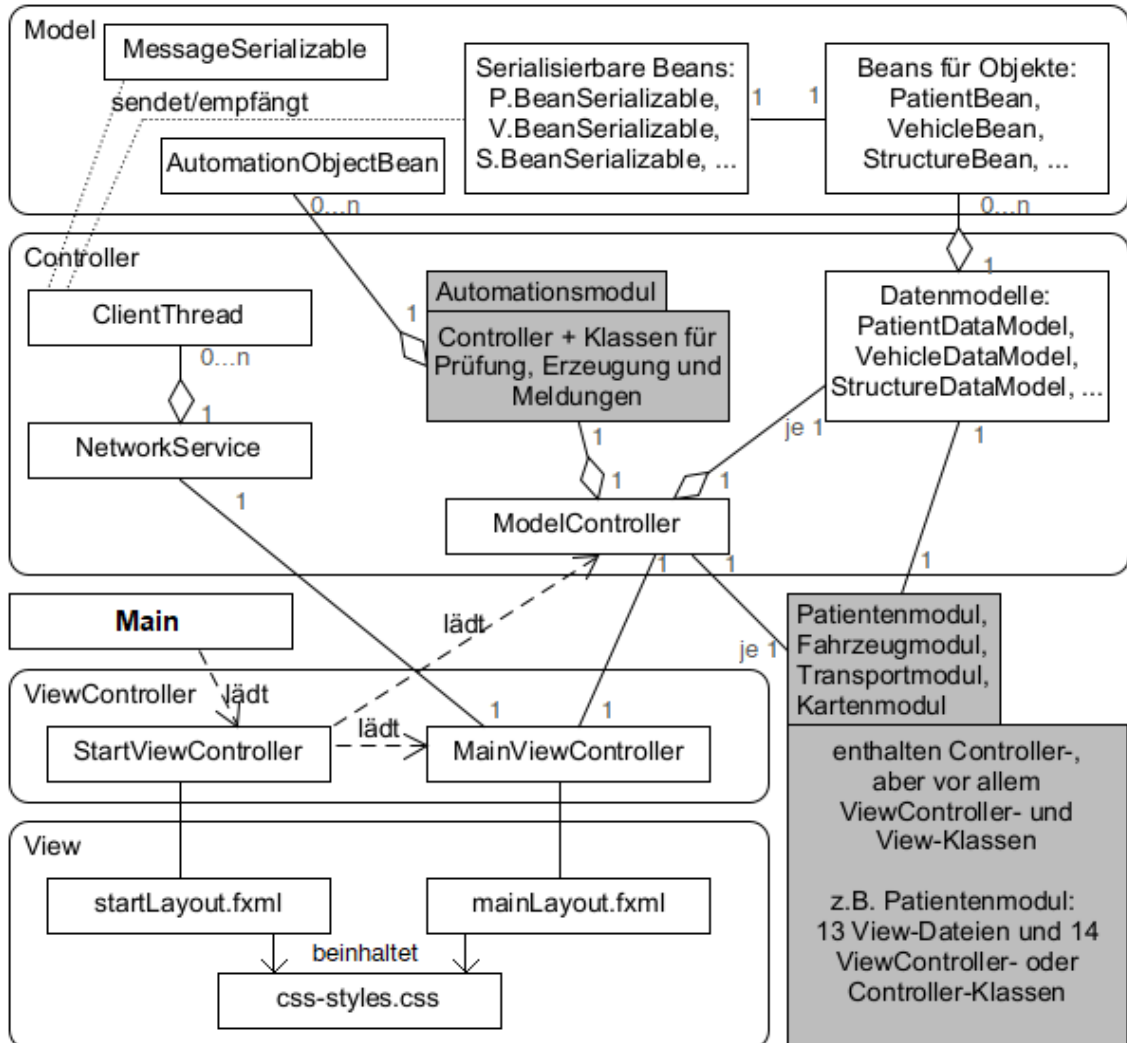


Abbildung 28: Veranschaulichung der Architektur des FUS, angelehnt an die UML-Notation. Dargestellt sind die wichtigsten Java-Klassen (ohne Dateiendung und zum Teil verkürzt) und die View-Dateien. Das Modell ist der Übersicht halber auf die wesentlichen Elemente beschränkt und damit stark vereinfacht. Die Module (grau dargestellt) kapseln jeweils ein eigenes MVC-Schema. Sie werden an dieser Stelle nicht weiter betrachtet.

Das Datenmodell (Model) besteht aus Java-Klassen, die Objekte repräsentieren. Dazu gehören real existierende Objekte wie Fahrzeuge oder Verletzte, aber auch Hilfsobjekte, etwa für Fahrzeugtypen. In diesen Java-Klassen werden in Form von Variablen sowohl tatsächliche Eigenschaften wie die Funkrufnummer des Fahrzeugs, als auch Hilfseigenschaften wie eine Datenbank-ID gespeichert. Zu jeder Java-Klasse besteht eine zweite „JavaBean“, also eine Java-Klasse, die unter anderem serialisierbar ist und damit über das Netzwerk versendet werden kann. In den

JavaBeans sind aufgrund der Serialisierbarkeit einige Eigenschaften in anderer Form gespeichert und nicht alle Hilfseigenschaften enthalten, weshalb sie allein nicht ausreichend für die Programmfunktionalität sind. Zu den Model-Klassen, die reale Objekte repräsentieren, gibt es jeweils eine spezielle Controller-Klasse, die deren Instanzen verwaltet und spezifische Funktionen zum Erhalten der Objektinstanzen und deren Manipulation enthält. Sie wird im Projekt als „DataModel“ bezeichnet. Die Dateistruktur im Projekt hat im Wesentlichen folgendes Schema:

- Package „controller“: Enthält Simulatoren im Package „generator“, Automaten im Package „automation“ und modulunabhängige Steuerungsklassen im Package „helper“.
- Package „model“: Enthält Packages für die JavaBeans und die DataModels.
- Package „view“: Enthält direkt die Start- und Konfigurationsansicht, den Hauptaufbau und alle Ansichten, die nicht modulabhängig sind.
- Des Weiteren gibt es Packages für jedes Modul. Diese können je nach Komplexität weitere Packages enthalten, etwa für zusätzliche Ansichten oder Dialoge.
- Ordner „resources“: Enthält die CSS-Dateien, Schriftarten, Bilder und weitere Ressourcen-Dateien (z.B. Routen für Fahrzeuge).

Die Anwendung verfügt über Funktionalität zur Aktualisierung von Ansichten und zur Information von Controller-Klassen bei Datenänderungen. Diese war anfangs über ein „Observer-Pattern“ realisiert, das schließlich durch ein „Publish-Subscribe-Pattern“ ersetzt worden ist. Die DataModels dienen dabei als Objekte, die Daten verbreiten („SubmissionPublisher“). Klassen, die bei Änderung von Objektinstanzen oder deren Variablen informiert werden müssen (zum Beispiel die Fahrzeugliste, wenn ein Fahrzeug ankommt), können sich als Empfänger („Subscriber“) registrieren und erhalten dann bei Änderungen die geänderte Objektinstanz mitgeteilt.

## 10.2.2 Layout der grafischen Benutzungsoberfläche

Die Benutzungsoberfläche der Anwendung sollte in Bezug auf die Aufteilung möglichst einfach gehalten werden. Die konzeptionelle Aufteilung in Module (siehe Abschnitt 8.4.3) bedingt, dass einerseits die Hauptfläche der Anwendung mit dem Inhalt der Module gefüllt ist, und andererseits ein Wechsel zwischen den Modulen möglich sein muss. Eine einfache Möglichkeit für die Realisierung der Wechselmöglichkeit ist die Nutzung von Registerkarten, auch Tabs genannt. Diese zeigen dem Benutzer zugleich an, in welchem Modul er sich befindet und welche Wechselmöglichkeiten er hat. Sie sind unter anderem aus modernen Web-Browsern bekannt, sodass Benutzer aufgrund von Vorwissen schnell ein mentales Modell vom System aufbauen können (siehe Abschnitt 3.4.1). Eingeplant wird oberhalb der Tabs ein Bereich für ein Anwendungslogo, die Anzeige allgemeiner Einsatzinformationen und eine Benutzer- und Rollenverwaltung

(„Headerbereich“). Um eine ausreichende SA über den Gesamteinsatz und damit alle Module herstellen zu können, erscheint ein modulübergreifender Informationsbereich notwendig zu sein, der wichtige Veränderungen anzeigt. Dieser ist besonders wichtig in Hinblick auf die Automation (siehe Abschnitt 5.3.5). Er wird unten platziert. Darin soll zudem bei Tablet-Nutzung eine Bildschirmstatur platziert sein. Für die Automation ist eine Seitenleiste rechts vorgesehen. Dieser Bereich könnte in einer realen Implementierung ausblendbar gestaltet werden, was für die Evaluation dieser Arbeit jedoch nicht zielführend ist. Der Bildschirmaufbau ist in Abbildung 29 skizziert.

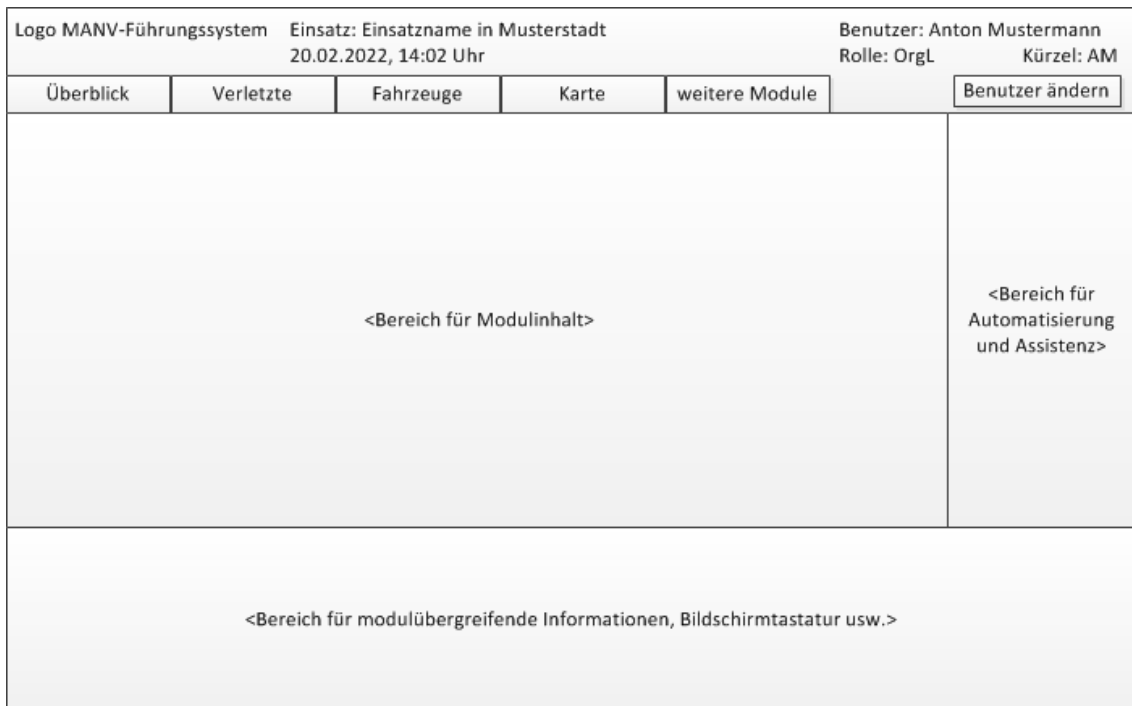


Abbildung 29: Grundlegender Aufbau des FUS.

Nachfolgend werden weitere Details beschrieben:

- **Größe und Auflösung:** Es wird davon ausgegangen, dass alle genutzten Geräte eine Mindestauflösung von 1280 Pixeln in der Breite haben. Dementsprechend wird festgelegt, dass der Bereich für den Modulinhalt mindestens 1000 Pixel breit ist und der für Automation mindestens 260 Pixel; 20 Pixel verbleiben für eventuelle Fensterränder. Diese Breiten stellen ein Minimum für die Anpassbarkeit der Anwendung in der Breite dar, wobei ein Maximum nicht definiert wird, da sich die Anwendung grundsätzlich an größere Auflösungen anpassen soll. Bei sehr großen Auflösungen (mehr als 2x1280-20 Pixel, also z.B. 4K) könnten zwei Module nebeneinander dargestellt werden. Diese Funktionalität wird allerdings in dieser Arbeit nicht implementiert.

- **Schriftgröße:** Für die Schrift wird eine Mindestgröße von 14 Pixeln festgelegt. Diese stellt einen Kompromiss aus guter Lesbarkeit und dem geringen Platz für Informationen bei der Mindestauflösung dar. Anfangs war eine Anpassung der Schriftgröße auf Basis der Auflösung vorgesehen. Dieser Ansatz erwies sich als nicht zweckmäßig, da sich aus der Auflösung bei Mobilgeräten nicht auf die tatsächliche Bildschirmgröße schließen lässt. Für eine prototypische Anwendung zum Zweck der Untersuchungen dieser Arbeit erscheint es ausreichend, die Schriftgröße bei Bedarf geräteabhängig anzupassen. Prinzipiell lässt sie sich auf einfache Weise in einer der CSS-Dateien des FUS anpassen.

### 10.2.3 Gestaltung der grafischen Benutzungsoberfläche

Für diese Arbeit ist ein Design im Sinne aktueller Webseiten und Smartphone-Apps sinnvoll, um den Benutzern die Benutzung durch Wiedererkennbarkeit der Designelemente zu vereinfachen. Die Wahl fällt auf eine Mischung aus Flat- und Material-Design, wobei soweit möglich den Designrichtlinien für Material Design von Google<sup>57</sup> gefolgt werden soll. Prägend ist die minimalistische Darstellung, wobei beim Material Design Interaktionselemente durch Animationen und Schatten verdeutlicht werden. Auch die neueren der im Stand der Technik vorgestellten Systeme verwenden einen Flat- oder Material-Design-Ansatz (siehe Abschnitte 7.4.3 und 7.4.5).

Die Farbgestaltung hat sich im Laufe der Implementierung verändert, das zeigt sich auch in der Darstellung der Entwicklung der Benutzungsoberfläche des FUS in 10.2.10. Bei den betrachteten Systemen aus dem Stand der Technik ergibt sich bezüglich der Farbwahl kein einheitliches Bild, oft wird allerdings die Farbe Rot stark genutzt (siehe z.B. BOSAssistant, Abbildung 23).

#### **Farbgestaltung – Erste Iteration:**

Das erste Farbschema für die implementierte Anwendung nutzte die Farben rot und weiß, da diese klassisch für den Rettungs- und Sanitätsdienst stehen und sich auch als Corporate-Design-Farben

---

<sup>57</sup> <https://material.io/design/> (Zugriff am 05.02.2023).

der meisten Hilfsorganisationen wiederfinden lassen<sup>58</sup>. Als Akzentfarbe im Sinne des Material Designs wurde grau gewählt, um die Anwendung nicht zu farbig erscheinen zu lassen. Für die exakten Farbabstufungen wurde der von Google bereitgestellte Farbgenerator<sup>59</sup> verwendet, so dass sich die in Abbildung 30 gezeigte Farbgestaltung ergab. Die Farbgestaltung hatte den Nachteil, dass „Rot“ eine bedeutungstragende Farbe ist, weil beispielsweise bei der Verletztenkategorisierung diese Farbe für Verletzte mit hoher Priorität steht (siehe Abschnitt 5.2.3).

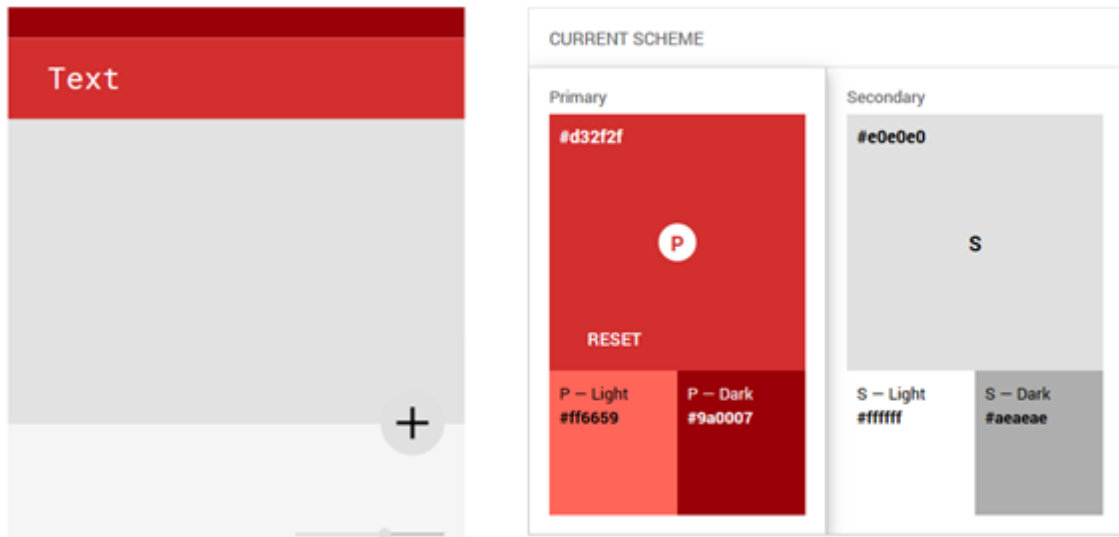


Abbildung 30: Mit dem von Google bereitgestellten Farbgenerator für Material Design generiertes Farbschema für die Farbgestaltung Variante 1.

### **Farbgestaltung - Zweite Iteration:**

Die zweite Variante wurde zusammen mit Herrn Dr. phil. Thomas Winkler erarbeitet, einem Diplom-Designer, der zum Erstellungszeitpunkt am IMIS gearbeitet hat. Als Primärfarbe wurde ein Blauton gewählt, da dieser zumindest in Bezug auf die Verletzten weniger bedeutungstragend ist. Als heller Blauton (RGB-Wert 0, 162, 255) lässt er sich von der Kategorisierung „blau“ trennen, wenn diese dunkel dargestellt wird. Die Komplementärfarbe dazu wäre ein Orangeton (RGB-Wert 255, 93, 0). Dieser ist sehr dunkel, weshalb ein hellerer Orangeton (RGB-Wert 255, 143, 0) gewählt wurde. Auf helle und dunkle Farbabstufungen wurde verzichtet. Für beide Farben war eine weiße Schrift vorgesehen (siehe Abbildung 31). Der Grauton für Hintergründe blieb erhalten.

### **Farbgestaltung – Dritte Iteration:**

Die finale Iteration der Farbgestaltung diente dazu, die Kontraste zu erhöhen. Sie basiert auf der zweiten Variante und wird in Abbildung 31 gezeigt. Das Blau ist dunkler (RGB-Wert 0, 89, 153),

<sup>58</sup> Diese Kombination findet sich beispielsweise beim Deutschen Roten Kreuz, beim Malteser Hilfsdienst und bei der Johanniter Unfallhilfe wieder. Der Arbeiter-Samariter-Bund und die DLRG verwenden ebenfalls rot, aber kombiniert mit gelb statt weiß.

<sup>59</sup> Der Generator war mindestens bis 26.11.2022 verfügbar unter <https://m2.material.io/resources/color/>

das Orange heller (RGB-Wert 0, 89, 153) mit schwarzen statt weißen Beschriftungen. Alle Texte in weiß auf blau werden in fetter Schriftauszeichnung dargestellt. Das Kontrastverhältnis beträgt:

- blau zu weiß: 7,26:1 (vorher: 2,75:1)
- orange zu schwarz: 13,51:1 (vorheriges orange zu weiß: 2,28:1)
- blau zu orange: 4,67:1 (vorher: 1,2: 1)

Damit erfüllt es gängige Richtlinien wie die „Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0“. Für die Texte ist die erhöhte Stufe (AAA, Kontrast 7:1) erfüllt.

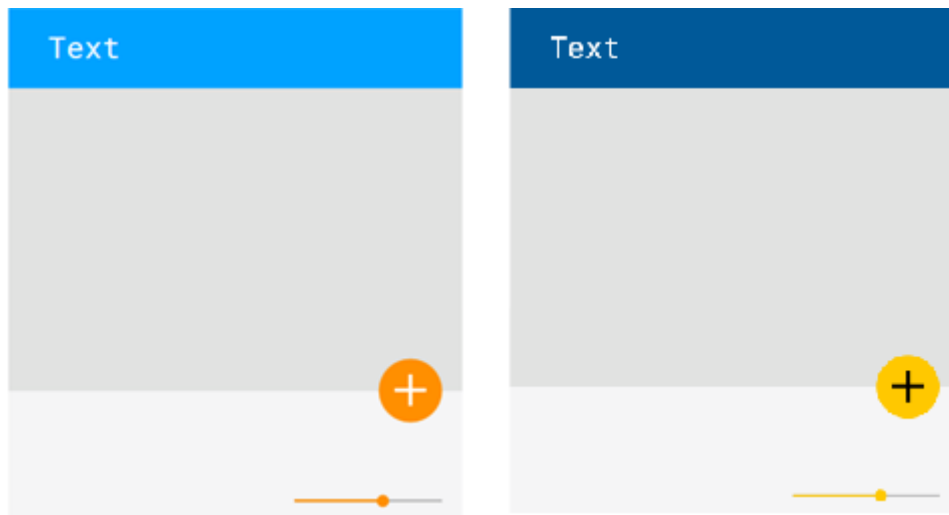


Abbildung 31: Mit dem von Google bereitgestellten Farbgenerator für Material Design generiertes Farbschema für die Farbgestaltung Variante 2 und Variante 3.

#### 10.2.4 Implementierung und Charakteristika der Module

Wie in Abschnitt 10.2.1 erläutert, erfolgte die Implementierung der Module jeweils als eigener Bestandteil der Anwendung (technisch: in einzelnen Java-Packages), so dass diese parallel und weitgehend unabhängig realisiert werden konnten. Die Module wurden als Grundlage anfangs in einer rudimentären Basisversion vom Autor dieser Arbeit implementiert. Anschließend wurden sie in Bachelorarbeiten (BA) von Studierenden der Medieninformatik weiterentwickelt:

- Fahrzeugmodul: BA von Julien Holtz, abgeschlossen im Oktober 2018.
- Verletztenmodul: BA von Joscha Sauerland, abgeschlossen im September 2018 (im Wesentlichen Liste und Übersichten), sowie BA von Mher Kondratyan, abgeschlossen im November 2019 (Weiterentwicklung der Vorsichtung, Diagnose und Behandlung).
- Transportorganisation: BA von Tobias Kappert, abgeschlossen im August 2019.
- Kartenmodul: BA von Nikki Büschleb, abgeschlossen im Juni 2019.

Die genannten Arbeiten wurden vom Autor dieser Arbeit fachlich angeleitet und betreut, wobei jeweils ein eigenständiger Entwicklungsprozess mit Analyse, Konzeption, Realisierung und rudimentärer Evaluierung erfolgt ist. Die Module sind im Anschluss vom Autor dieser Arbeit in das System integriert und vereinheitlicht worden. In der weiteren Entwicklung wurden sie laufend stark überarbeitet in Bezug auf Umfang, Funktionalität und Aussehen, um die Überlegungen dieser Arbeit zu erfüllen. Beispielhaft veranschaulicht wird das in Abschnitt 10.2.10 für das Fahrzeugmodul. In der finalen Version erfüllen die Module folgende Gestaltungsprinzipien:

- Es gibt grundsätzlich eine Übersicht, in der Informationen aggregiert dargestellt werden, beispielsweise in Diagrammen. Es gibt zudem eine Listendarstellung, die zur Detailansicht einzelner Informationen dient. Die Detailansicht fehlt beim Kartenmodul.
- Die Eingabefunktionalität wird grundsätzlich in Popup-Dialogen realisiert. Anfangs war stattdessen ein aufklappbarer Bereich implementiert (siehe Abschnitt 10.2.10). Diese Interaktionsform kann aufgrund der Änderung der Ansicht jedoch verwirren, was für ein sicherheitskritisches System nicht hinnehmbar ist (siehe Abschnitt 3.4.1). Sie ist auch problematisch, wenn auf Tablets eine Bildschirmtastatur eingeblendet wird.
- Die Änderung von Ansichten und die Eingabefunktionalität wird über Buttons aufgerufen. Diese befinden sich im unteren Bereich. Funktionalität und Bestätigungen sind in der Primärfarbe (blau) gehalten und rechts platziert, Ansichtswechsel und Abbruchfunktionen finden sich zur Abgrenzung links und sind in Sekundärfarbe (orange) dargestellt.
- Die Module haben in der Regel ausblendbare Hilfebereiche zur Erklärung ihrer Struktur und Funktion oder zur Begriffsklärung. Die Möglichkeit zur Ausblendung trägt kleinen Auflösungen Rechnung und ist sinnvoll, wenn Benutzer die Anwendung gut kennen.

Die Module werden in den nachfolgenden Abschnitten genauer beschrieben. In Bezug auf die genannten Aufgaben wird auf die konzipierte Funktionalität gemäß Abschnitt 8.4.3 verwiesen. Die Abbildungen der Anwendung sollen unterstützend zum Text einen Überblick über die Module geben. Für eine genaue Betrachtung sind sie zusätzlich auf der CD im Anhang abgelegt.

### 10.2.5 Patientenmodul

Beim Öffnen des Patientenmoduls wird eine Übersicht angezeigt, in der neben Zahleninformationen zum Patientenstatus zwei Säulendiagramme zu sehen sind (siehe Abbildung 32). Sie erfüllt damit A1.13. Das linke Diagramm zeigt die Gesamtpatientenzahl am Einsatzort nach SK an und bietet damit einen schnellen Überblick über die Lage. Das rechte Diagramm zeigt die Verteilung der Patienten nach SK und räumlichen Strukturen an, wobei diese in der Reihenfolge dem Weg des Verletzten entsprechen (siehe Abschnitt 4.1.3). Das Diagramm soll eine Einschätzung über

den Fortschritt beim MANV und mögliche Probleme bei der Verletztenversorgung anhand einfacher Metriken ermöglichen (A1.13, A2.1, A2.2). So indiziert die in Abschnitt 1.1 eingeführte SK, dass Patienten mit niedriger SK zügig und vor Patienten der nächsten SK an der PA oder dem BHP sein sollen – sofern sie nicht direkt abtransportiert werden. Im Unterschied zum linken Diagramm wird das rechte mit steigender Anzahl an Patienten und Strukturen komplexer und benötigt dann mehr Zeit zur Interpretation, liefert aber auch mehr Informationen.

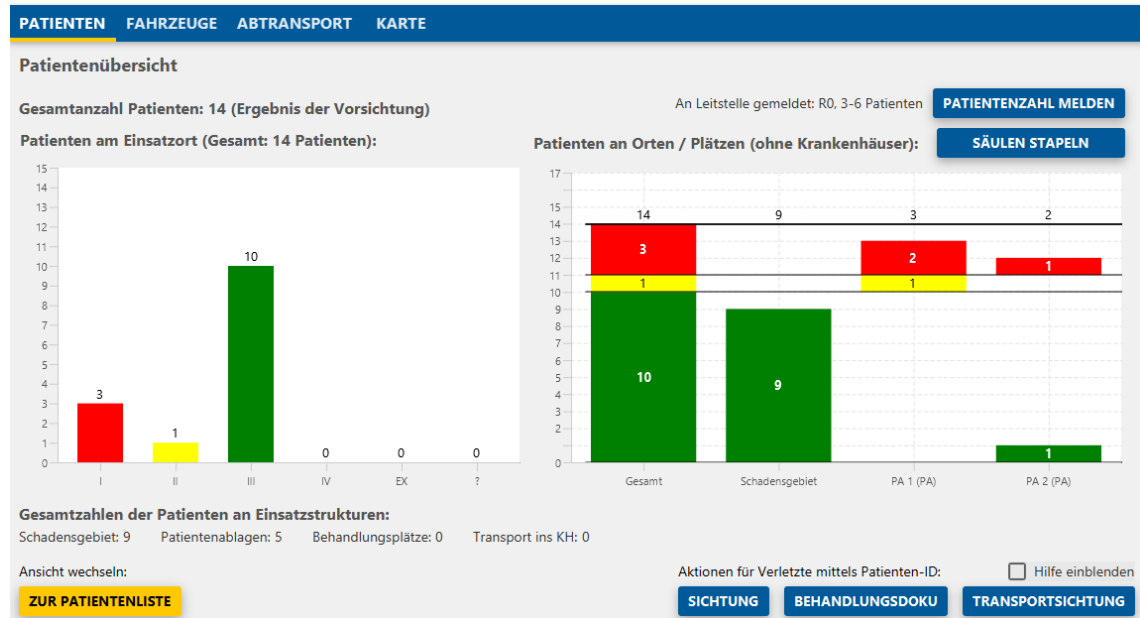


Abbildung 32: Übersicht des Patientenmoduls. Im dargestellten Beispiel ist im rechten Diagramm zu erkennen, dass die gelben und roten Patienten bereits vom SG (2. Balken) an PA (3. und 4. Balken) transportiert worden sind, der Großteil der grünen Patienten noch nicht.

Die Übersicht ermöglicht Aktionen zur Sichtung und Dokumentation. Die Zuordnung zum Patienten erfolgt nachgelagert durch das Scannen des QR-Codes einer Verletztenanhängekarte. Diese Aufgaben können so vom LNA oder einer anderen Führungskraft durchgeführt werden. Das kann

insbesondere bei Einzelentscheidungen oder in kleinen MANV-Lagen der Fall sein (A1.15, A2.5-A2.9). Ein Beispiel für die Dialoge ist die Ansicht der Sichtung in Abbildung 33.

The screenshot shows a web-based interface for patient triage. At the top, there are navigation tabs: PATIENTEN, FAHRZEUGE, ABTRANSPORT, and KARTE. The main title is 'Eingangssichtung für Patienten: 12'. Below this, there are two main columns. The left column is titled 'Diagnose' and contains several rows of radio buttons and input fields for 'Bewusstsein', 'Atmung', 'Kreislauf', 'GCS', 'Atemfrequenz', 'Puls', and 'Blutdruck'. Each row has a 'Zahl eintragen' or 'Zahl eintragen/min' field. There are also buttons for 'DETAILANSICHT UND KORREKTUR' and 'HINZUFÜGEN'. The right column is titled 'Sichtung' and contains radio buttons for 'Sichtungskategorie' (I-TP, II, IV, I, III, EX) and a section for 'Sichtungen Zeitlicher Verlauf'. Below these is a section for 'Hinweise für Behandelnde' with a text input field and a '+' button. At the bottom, there is a help icon and text: 'Hinweise für Behandelnde: Hier kann ein Hinweis eingetragen werden, auf '+' drücken für Weitere. Wenn bereits Hinweise bestehen, können diese über das '-' gelöscht werden.' There are also buttons for 'ABBRECHEN', 'SPEICHERN UND ZUM AUFGABENMENÜ', and a 'Hilfe einblenden' checkbox.

Abbildung 33: Dialog zur Sichtung eines Verletzten. Vorgeschaltet ist eine Ansicht zum Scannen des QR-Codes der Verletztenanhängerkarte. Die Abkürzungen sind den Benutzern fachlich bekannt, so etwa o.B. für „ohne Befund“.

Die Patientenliste (siehe Abbildung 34) ermöglicht es, analog zu Papierlisten (siehe Abschnitt 5.2.4), die einzelnen Patienten inklusive SK, Aufenthalts- und Zielort und Diagnose- und Behandlungsinformationen anzusehen. Hier können also Aufgaben bezogen auf einzelne Patienten durchgeführt oder beauftragt werden (A1.15). Dazu gehört insbesondere die Klärung und Zuweisung benötigter Einsatzkräfte für patientenbezogene Aufgaben (A2.3, A1.7-A1.8). Das Patientenmodul ermöglicht abweichend von der Konzeption derzeit keine Abfrage der Krankenhauskapazitäten, diese ist lediglich im Modul zur Transportverwaltung implementiert (A1.12). In früheren Versionen des Patientenmoduls waren weitere Diagrammtypen, darunter etwa ein Kreisdiagramm, realisiert. Diese wurden entfernt, da sie in Bezug auf die Aufgaben keine Vorteile gebracht haben und das Modul mit mehreren Übersichtsansichten inkonsistent zur finalen Planung der Module war. Ebenfalls realisiert waren unterschiedliche Ansichten für den OrgL und LNA. Diese Idee erschien als wenig sinnvoll, da beide am Einsatzort zusammenarbeiten sollen und gleiche Ansichten eine gemeinsame Basis an Team SA (siehe Abschnitt 3.4.3) begünstigen und insbesondere eine Kommunikationsgrundlage schaffen können.

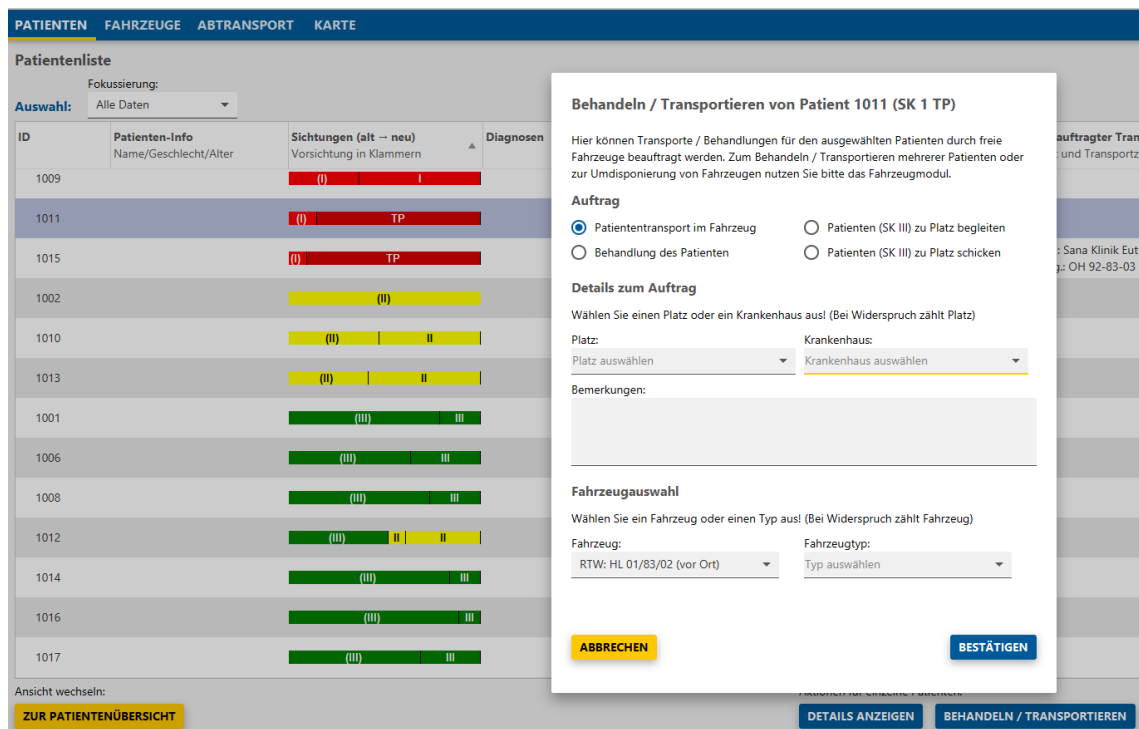



Abbildung 34: Liste des Patientenmoduls mit geöffnetem Dialog zur Beauftragung einer Behandlung oder eines Transports für den ausgewählten Patienten.

## 10.2.6 Fahrzeugmodul

Analog zum Patientenmodul gibt es auch im Fahrzeugmodul eine Gesamtübersicht (siehe Abbildung 35). Sie zeigt die vorhandenen Fahrzeuge an, wobei diese bis zu zweimal in einer hierarchischen Baumansicht gruppiert werden (A1.13). Die erste Gruppierung erfolgt in Fahrzeuge zum Patiententransport und Hilfsfahrzeuge und folgt damit der Einteilung in der Analyse in Abschnitt 2.4, die Kindsnoten sind standardmäßig eingeblendet. Die zweite Gruppierung fasst ähnliche Fahrzeuge zusammen, die Kindsnoten sind einblendbar. So werden etwa der KTW, der NKTW und der KTW-4 als „KTW“ aggregiert. Die Hierarchie erhöht auf den ersten Blick die Komplexität, soll aber das Modul übersichtlich halten, da sie insbesondere die RTWs hervorhebt, die in dringenden Fällen kritischer Soforttransporte besonders wichtig sind. In Form von Listenspalten werden die Gesamtanzahl, die freien Fahrzeuge, die Fahrzeuge auf Anfahrt und die Fahrzeuge mit Auftrag angezeigt. Dabei werden weitere Details wie die Orte der freien Fahrzeuge und eine geschätzte Ankunftszeit der nächsten auf Anfahrt befindlichen Fahrzeuge angezeigt. Diese Eigenschaften ermöglichen unabhängig von konkreten Fahrzeugen eine Planung im Sinne der SA-Phasen. Technisch realisiert ist die Fahrzeugübersicht in einem Baum („TreeTableView“), wobei der Ursprungsknoten die oben beschriebene Gruppierung erster Ebene enthält und unsichtbar ist.

PATIENTEN FAHRZEUGE ABTRANSPORT KARTE				
Fahrzeugübersicht				
Typ Untertypen	Anzahl	frei und wartend Orte	frei auf Anfahrt geschätzte Ankunft	beauftragt davon umdisponierbar
▼ Transportfahrzeuge	32	4 ohne: 4	27 Nächste in ca. 0, 2, 8 Minute(n)	1 umdisponierbar: 1
RTW	17	4 ohne: 4	12 Nächste in ca. 0, 2, 8 Minute(n)	1 umdisponierbar: 1
▶ Gruppen	0	0	0	0 umdisponierbar: 0
▶ KTW	15	0	15 Nächste in ca. 18, 22, 22 Minute(n)	0 umdisponierbar: 0
GRTW	0	0	0	0 umdisponierbar: 0
▼ Hilfsfahrzeuge	11	0	10 Nächste in ca. 15, 18, 28 Minute(n)	1 umdisponierbar: 1
MTW	4	0	4 Nächste in ca. 38, 39, 40 Minute(n)	0 umdisponierbar: 0

 Die Fahrzeugübersicht zeigt alle Fahrzeuge an. Die Baumstruktur lässt sich ein- und ausklappen, um den Detailgrad anpassen zu können. Frei sind Fahrzeuge ohne Auftrag oder mit Auftrag „Warten“ Fahrzeuge mit Auftrag sind umdisponierbar, wenn sie keine Verletzten transportieren.

Ansicht wechseln: [ZUR FAHRZEUGLISTE](#)
 Aktionen für Fahrzeugtyp: [AUFTRAG ZUWEISEN](#) [NACHFORDERN](#) [FAHRZEUGSTOPP](#)
 Hilfe einblenden

Abbildung 35: Übersicht des Fahrzeugmoduls mit eingblendetem Hilfetext. Links durch Pfeile visualisiert ist die Baumstruktur, wobei die Gruppen (z.B. Sanitätsgruppe Transport) und KTW-Typen standardmäßig eingeklappt sind.

Als Aktionen können in der Übersicht Aufträge an eines oder mehrere Fahrzeuge eines Fahrzeugtyps vergeben werden, wobei auf Anfahrt befindliche freie Fahrzeuge bei Bedarf einbezogen werden können (A1.4, A1.6-A1.9, A1.14, A2.4). Des Weiteren können Fahrzeuge nach Typ nachgefordert oder deren Anfahrt gestoppt werden, wenn es ausreichend vor Ort gibt (A1.5).

Die Fahrzeugliste (siehe Abbildung 36) ermöglicht es, die Fahrzeuge und deren wichtigste Informationen direkt anzusehen, auch gefiltert (zum Beispiel nach Typ) oder durch Nutzung der Suchfunktion. Den Fahrzeugen können wiederum Aufträge zugewiesen werden (A1.4, A1.6-A1.9, A1.14, A2.4). Zudem ist es möglich, Fahrzeuge hinzuzufügen, zu bearbeiten oder zu löschen. Diese Funktionalität ist sinnvoll, um Fahrzeuge ohne oder mit defektem Funksystem abzubilden oder Änderungen manuell vorzunehmen, wenn Teile des integrierten Gesamtsystems nicht funktionieren (A1.6, A1.13, A1.15). Prinzipiell ist damit auch die Nutzung analog zu konventionellen Einsatzleitsystemen möglich (siehe Abschnitt 7.4.1).

PATIENTEN FAHRZEUGE ABTRANSPORT KARTE						
Fahrzeugliste						
Fahrzeugtyp:		FMS-Status:	Ort:		Suchbegriff:	
Auswahl: Typ wählen		Status wählen	Ort wählen		Suche: Begriff eingeben	QR-CODE SCANNEN
Typ	Funkrufname	FMS	Aktueller Ort	Aktueller Zielort	Auftrag	Bemerkung
NEF	OH 92-82-01	4	Schadensgebiet	Angekommen am Ziel	Vorläufige Einsatzleitung	
NEF	HL 01/82/02	3	Koordinate	Schadensgebiet	Auf Anfahrt	
RTW	OH 92-83-01	4	Schadensgebiet	Angekommen am Ziel	Vorsichtung	
RTW	OH 92-83-02	4	Schadensgebiet	Schadensgebiet	Behandlung an Ort: Schadensge...	
RTW	OH 92-83-03	4	Schadensgebiet	Angekommen am Ziel	Behandlung an Ort: Schadensge...	
RTW	OH 89-83-01	4	Schadensgebiet	Schadensgebiet	Behandlung an Ort: Schadensge...	
RTW	OH 89-83-03	4	Schadensgebiet	Schadensgebiet	Behandlung an Ort: Schadensge...	
RTW	HL 04/83/01	3	Koordinate	Schadensgebiet	Auf Anfahrt	

Ansicht wechseln: **ZUR FAHRZEUGÜBERSICHT**

Aktionen für einzelne Fahrzeuge: **AUFTRAG ZUWEISEN** **EINTRAGEN** **BEARBEITEN** **LÖSCHEN**

Abbildung 36: Liste des Fahrzeugmoduls mit Anzeige der Infos aus dem FMS (siehe Abschnitt 5.2.4). Im Beispiel sind die meisten Fahrzeuge bereits vor Ort (Status 4) und haben bereits eine Aufgabe zugewiesen bekommen.

## 10.2.7 Modul zur Transportverwaltung

Die Übersicht des Moduls zeigt in Zahlen den Transportstatus an (siehe Abbildung 37). Mittels Säulendiagrammen werden noch nicht zugeteilte Patienten, freie Transportfahrzeuge (inklusive auf Anfahrt befindlichen) und freie Krankenhauskapazitäten visualisiert (A1.12). In der Übersicht kann die in Abbildung 38 gezeigte Ansicht zur Direktzuteilung eines Patienten auf ein Fahrzeug und ein Krankenhaus aufgerufen werden (A1.9, A1.12). Sie ist von RescueWave inspiriert (siehe Abschnitt 7.4.5). Im Gegensatz zur Auftragsvergabe im Fahrzeugmodul sieht der Benutzer bei dieser Ansicht die wichtigsten Informationen zum Patienten, Fahrzeug und Krankenhaus und muss diese nicht vorab in unterschiedlichen Modulen zusammensuchen.

Die Liste der Transportverwaltung (nicht abgebildet) zeigt alle laufenden Transporte und bietet eine Funktion zum Abbrechen von Transporten an. Die Möglichkeit besteht, solange sich noch kein Patient im Fahrzeug befindet. Andernfalls wäre ein Abbruch einerseits aufwändig und andererseits das Vorgehen nur im Einzelfall zu klären, da diverse Details geklärt werden müssten (Zielort des Patienten, ob dieser auf der Trage bleiben soll, Desinfektion des Autos). Daher wird dieser Fall als kaum vorkommend betrachtet. Er kann jedoch manuell beauftragt werden (Funkgespräch und Eintragung mittels Änderungsfunktion in der Fahrzeug- oder Patientenliste).

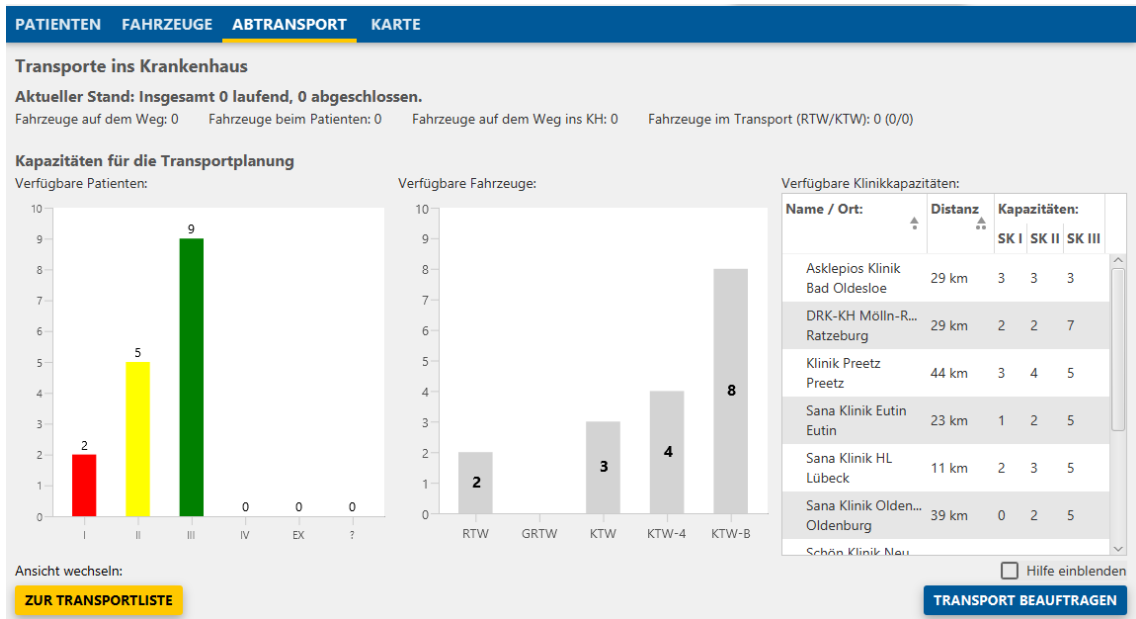


Abbildung 37: Übersicht des Transportmoduls. Zu sehen sind oben die Informationen zum Transportstatus und darunter die Diagramme bezüglich der Patienten, Fahrzeuge und Krankenhauskapazitäten.

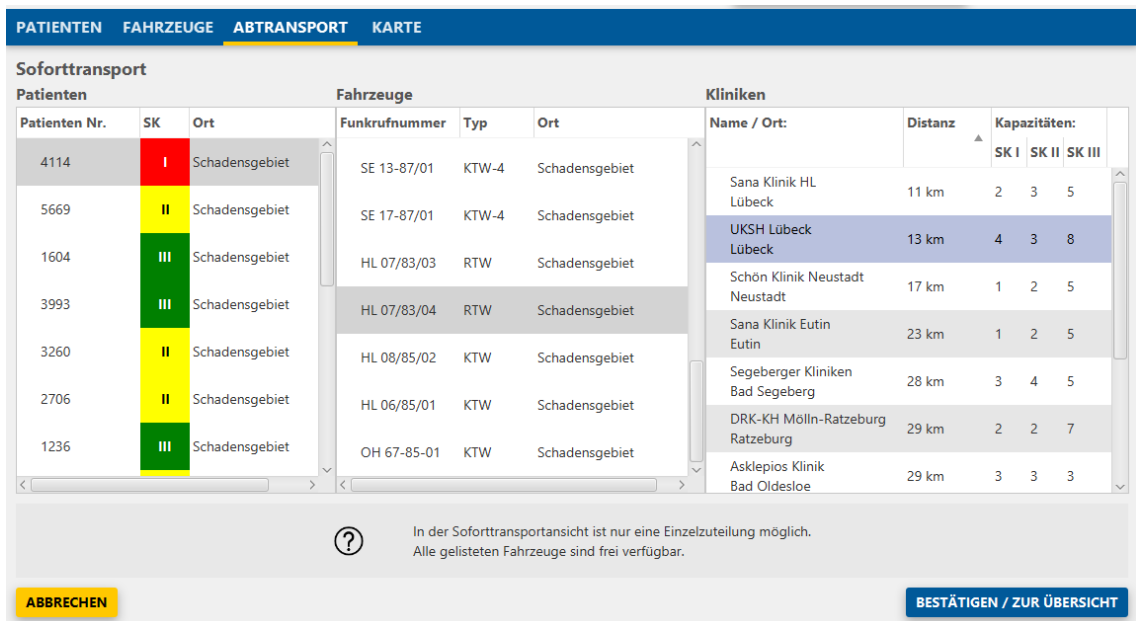


Abbildung 38: Zuteilung für einen Soforttransport. Mit jeweils einem Mausklick können der Patient, das Fahrzeug und das Krankenhaus ausgewählt und der Transport bestätigt werden.

## 10.2.8 Kartenmodul

Das Kartenmodul enthält im Gegensatz zur allgemeinen Modulkonzeption derzeit nur eine Übersicht und keine Liste (siehe Abbildung 39). Die Übersicht ist eine Kartendarstellung, auf der insbesondere die räumlichen Strukturen dargestellt werden (siehe Abschnitt 4.1.3). Gleichzeitig dient die Karte auch zur Anzeige der Positionen von Fahrzeugen und Patienten, wobei alle Objektarten einzeln ein- und ausblendbar sind. Die Karte kann also einerseits als Modul für räumliche Strukturen angesehen werden, zeigt andererseits aber auch die räumliche Ordnung und damit einen Teil der Lage an (A1.1, A1.13, A1.14). Die Funktionalität beinhaltet das Hinzufügen, Bearbeiten und Löschen von Strukturen (A1.3, A1.15). Mittels eines Klicks auf einen Platz können dessen Eigenschaften angezeigt werden. Dabei ist zu sehen, wie viele Fahrzeuge auf dem Weg und vor Ort sind, wobei in Fahrzeuge für den Betrieb des Platzes und abrufbare Fahrzeuge unterschieden wird. Bei PAs und BHPs werden des Weiteren die Patienten am Platz und diejenigen, die dort in Kürze erwartet werden, angezeigt. Das Kartenmodul ließe sich sinnvollerweise und konform zu anderen Modulen mit einer Liste erweitern, die die Strukturen enthält. Diese Implementierung wurde in dieser Arbeit nicht vorgenommen, da sie für die Untersuchung der Ziele dieser Arbeit als nachrangig betrachtet worden ist.

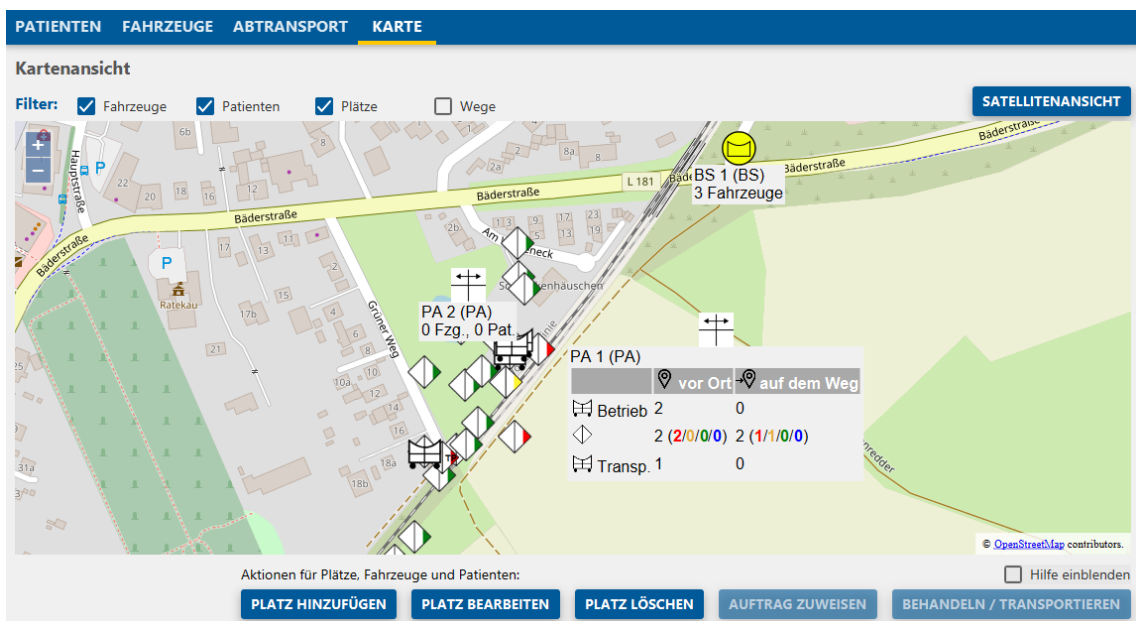


Abbildung 39: Kartenmodul mit einem Einsatzort, an dem bereits zwei PA und ein BS errichtet wurden. Im Beispiel wird die Belegung der PA 1 angezeigt. Zu sehen sind neben räumlichen Strukturen die Fahrzeuge und Patienten.

Im Sinne der räumlichen Übersicht zeigt die Karte auch die Wege von Fahrzeugen an und ermöglicht es, Fahrzeugen direkt Aufträge zu geben (A1.4). So kann anhand der Karte der Einsatzverlauf im Sinne einer taktischen Lagekarte (A2.2, siehe Abschnitt 5.2.4) visuell nachvollzogen werden. Sie kann auf eine Satellitenansicht umgestellt werden. Eine Erweiterung durch

Einsatzabschnitte (A1.2) sowie Übersichten zur Anzeige von hierarchischen Strukturen (A1.10-A1.11, A1.14), etwa in Form von Schadenskonten wie bei taktischen Lagekarten, wäre sinnvoll. Das Kartenmodul wurde in der BA von Büschleb (2019) als Planungssystem für Ist-Zustand, Soll-Zustand und Planung konzipiert, wobei ein Multitouch-Tisch mit „Fiducial-Markern“ zum Einsatz kam (siehe Abschnitt 8.3). Dabei bestand der Ist-Zustand in der angezeigten Position, während der Soll-Zustand anhand der vergebenen Missionen mit Pfeilen visualisiert wurde. Auf Basis dieser Zustände konnte mit Fiducial-Markern in Form von Holzklötzen mit taktischen Zeichen (siehe Abschnitt 5.2.4) eine Planung vorgenommen werden. Bei Akzeptanz der Planung konnte diese mittels eines Buttons über die Bildcodes der Fiducial-Marker eingelesen und damit automatisch vom System in Aufträge umgewandelt werden. Der Ansatz entspräche damit der Automationsstufe III im Stufenmodell der Tabelle 15. Die genannte Funktionalität existierte in einer Grundversion. Sie erwies sich jedoch als sehr kompliziert in der Implementierung. Auf Grund von Erkennungsschwierigkeiten und schließlich dem Defekt des zugehörigen Tisches wurde sie zurückgestellt. Der Autor dieser Arbeit hält jedoch an der Sinnhaftigkeit einer Untersuchung einer solchen Lösung für den Einsatz im ELW fest.

Technisch basiert die Karte auf einer Implementierung von „mapjfx“, einem Framework, das in einer JavaFX „WebView“ die JavaScript-Bibliothek „OpenLayers“ für Karten anzeigt und insbesondere den Austausch von Daten zwischen Java und JavaScript ermöglicht, der für die Interaktion des Benutzers notwendig ist. Als Kartentypen können unter anderem „OpenStreetMap“ sowie „Bing Maps“ (inklusive Satellitenansicht) verwendet werden. Die „mapjfx“-Bibliothek wurde vom Autor dieser Arbeit in Bezug auf die Interaktion des FUS angepasst.

## 10.2.9 Dokumentationsmodul

Das Dokumentationsmodul dient der Anzeige aller Aktionen, die elektronisch erfasst werden. Dazu gehören alle wesentlichen Aufträge, Änderungen am Fahrzeugstatus und die Dokumentation bezüglich des Verletzten. Damit kann das Dokumentationsmodul einerseits als Einsatzprotokoll dienen (A1.15), indem es das aktuell in der Regel manuell geführte Funkprotokoll ersetzt (A1.13), andererseits aber auch Informationen zur Lage liefern (A1.1, A1.14, A2.2). Für die zuletzt genannte Funktionalität enthält es Filterfunktionen. Das Modul wurde in einer BA von Schalk (2020) implementiert (siehe Abbildung 40).

In der finalen Version für die Evaluationen ist das Dokumentationsmodul aufgrund der späten Fertigstellung der BA nicht enthalten. Der Autor dieser Arbeit sieht darin kein Problem, da sich alle Aufgaben ohne das Modul erledigen lassen.

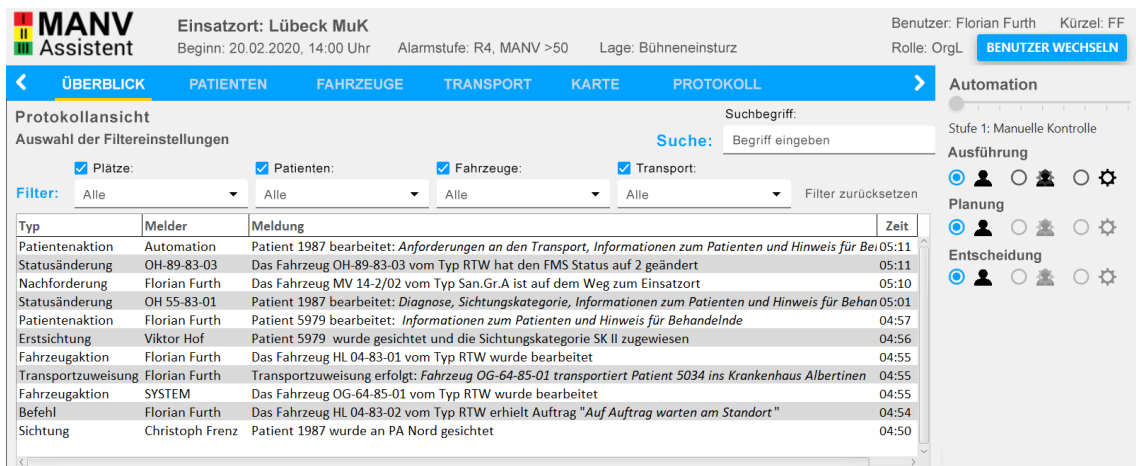


Abbildung 40: Dokumentationsmodul in der zweiten Iteration der BA von Schalk (2020), aus der auch das Bild (verkleinert) entnommen ist. Es zeigt in alter Farbgebung Protokollmeldungen und die Filterfunktionalität.

## 10.2.10 Iterative Entwicklung der Benutzungsoberfläche

Nachfolgend wird exemplarisch am Beispiel des Fahrzeugmoduls die iterative Entwicklung der Benutzungsoberfläche des FUS gezeigt. Sie zeigt auf, wie im Sinne eines menschenzentrierten Gestaltungsprozesses auf Basis neuer Erkenntnisse in Analyse und Konzeption eine zunehmend verbesserte Benutzungsoberfläche entstanden ist und veranschaulicht damit den Prozess dieser Arbeit. In Abbildung 41 ist eine Version von 2018 zu sehen. Auffällig ist die Durchführung von Aktionen mittels sich aufklappendem Menü im unteren Bildschirmbereich sowie die Gestaltung mit der in Abschnitt 10.2.3 beschriebenen ersten Iteration der Farbgestaltung.

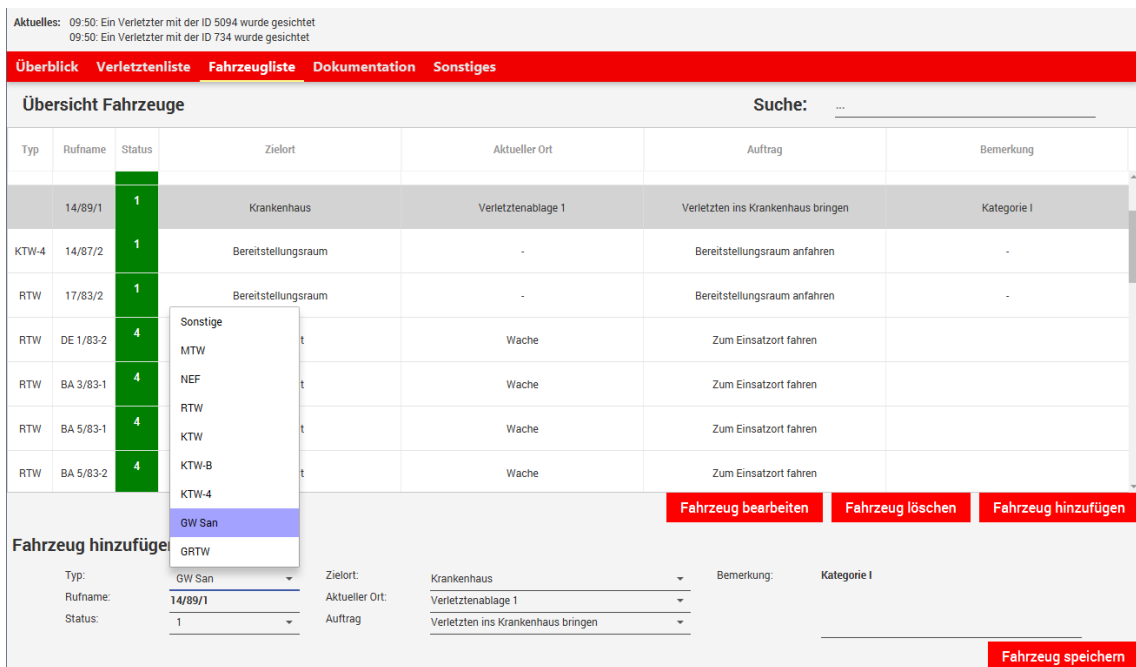


Abbildung 41: Frühe Version des FUS mit Interaktionsmenü unten, noch ohne Titelbereich und Automationsbereich.

Abbildung 42 zeigt eine Version von 2019 mit neuerer Farbgestaltung und weiteren Änderungen in der Benutzungsoberfläche. Hier ist abweichend von der früheren Version die Ende 2018 in der BA von Holtz neu implementierte Fahrzeugübersicht zu sehen (siehe 10.2.4).

Abbildung 42: Zwischenversion des FUS. Die Interaktion ist mit Buttons und Popup-Dialogen realisiert.

Abbildung 43 zeigt eine Version aus dem Jahre 2020, die bereits weitgehend der finalen Version des FUS entspricht, aber noch in der zweiten Iteration der Farbgebung gehalten ist. Sie veranschaulicht auch die Weiterentwicklung der Fahrzeugübersicht nach Implementierung der BA.

Abbildung 43: Zwischenversion des FUS. Alle Bereiche sind zu sehen, die Farbgestaltung wurde leicht optimiert. Im Vergleich zur Ansicht in Abbildung 43 ist die Fahrzeugübersicht stark verändert worden.

Die finale Version ist in Abbildung 44 zu sehen. Diese entspricht komplett der Modulbeschreibung in Abschnitt 10.2.6 und damit auch der evaluierten Version des FUS.

The screenshot shows the 'MANV Assistent' interface. At the top, it displays 'Einsatzort: Ratekau', 'Alarmierung: 18:46 | Aktuelle Zeit: 21:13 !STOP!', 'SIMULATION: FAHRZEUGE', and 'Benutzer: Rolle: OrgL'. The main navigation bar includes 'PATIENTEN', 'FAHRZEUGE', 'ABTRANSPORT', and 'KARTE'. The 'FAHRZEUGE' section is active, showing a 'Fahrzeugübersicht' table.

Typ	Anzahl	frei und wartend Orte	frei auf Anfahrt geschätzte Ankunft	beauftragt davon umdisponierbar
Transportfahrzeuge	26	21 BS 1: 19 / ohne: 2	0	5 umdisponierbar: 5
RTW	17	12 BS 1: 10 / ohne: 2	0	5 umdisponierbar: 5
Gruppen	0	0	0	0 umdisponierbar: 0
KTW	9	9 BS 1: 9 /	0	0 umdisponierbar: 0
GRTW	0	0	0	0 umdisponierbar: 0
Hilfsfahrzeuge	7	7 BS 1: 6 / ohne: 1	0	0 umdisponierbar: 0
MTW	2	2 BS 1: 2 /	0	0 umdisponierbar: 0

Below the table, there is a note: 'Die Fahrzeugübersicht zeigt alle Fahrzeuge an. Die Baumstruktur lässt sich ein- und ausklappen, um den Detailgrad anpassen zu können. Frei sind Fahrzeuge ohne Auftrag oder mit Auftrag „Warten“ Fahrzeuge mit Auftrag sind umdisponierbar, wenn sie keine Verletzten transportieren.' Below this, there are buttons for 'AUFTRAG ZUWEISEN', 'NACHFORDERN', and 'FAHRZEUGSTOPP'. On the right side, there are automation settings for 'Patienten', 'Fahrzeuge', and 'Orte', each with a 'Vorschläge' button and a status indicator 'Automation aktiv. Derzeit kein Vorschlag.' At the bottom right, there are buttons for 'LEVEL ÄNDERN' and 'ANWENDUNG BEENDEN'.

Abbildung 44: Finale Version des FUS. Die Modulansicht enthält lediglich Verbesserungen im Detail, so gibt es nun etwa „umdisponierbare“ statt „gebundene“ Fahrzeuge. Diese sind das Resultat von Zwischenevaluationen mit Experten. Der Automationsbereich ist komplett überarbeitet und die Farbgestaltung ist final.

### 10.2.11 Auftragsvergabe und Aufträge

Entsprechend den Modulbeschreibungen, aber auch der Analyse (siehe vor allem Abschnitte 1.1, 2.2, 2.3 und 5.2.2) ist die Führung und damit die Auftragsvergabe (beziehungsweise Befehlsgebung) die zentrale Aufgabe der ELRD im MANV (siehe auch Abbildung 4). Aus dieser lassen sich alle durchgeführten Aktionen der Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion ableiten, die ohne Aufträge – zumindest planerisch – nicht zum Einsatz kämen, sondern am BSR oder RMHP warten würden (siehe Abschnitt 4.1.2 und Problemstellung in Kapitel 6).

Nachfolgend sind in Tabelle 22 alle Aufträge aufgelistet, die aus den abstrakteren Aufgaben abgeleitet wurden. Zudem fließen relevante FMS-Status ein (siehe Abschnitt 8.4.2, F1.1). Sie erhalten für die Implementierung eine zweistellige Nummer, wobei ähnliche Aufträge im Sinne der Modulaufteilung durch eine identische erste Stelle zusammengefasst werden (siehe Abschnitt 8.4). Aufgaben mit schwacher Ähnlichkeit werden dadurch gruppiert, dass als zweite Anfangszahl die 0 oder die 5 verwendet wird. Die Aufgabennummern werden auch in der Implementierung zur Speicherung verwendet. Die Reihenfolge und fehlende Nummernblöcke kommen durch Änderungen und Korrekturen im Verlauf der Arbeit zustande.

<b>Nr.</b>	<b>Auftrag</b>	<b>Ableitung</b>	<b>Benötigte Informationen</b>
1	Am Zielort auf Auftrag warten (im Sonderfall FMS-Status 4)	A3.1, RMHP, BSR	Ort
2	Auf Auftrag warten (nach Abschluss von Aufgaben)	A3.2-A3.5, A3.7, A3.8, A3.13	Ort
5	Alarmiert (FMS-Status 2)	A3.1, Status 2	Fahrzeug, FMS-Status
6	Auf Anfahrt (FMS-Status 3)	A3.1, Status 3	Fahrzeug, FMS-Status
30	Transport ins Krankenhaus	A3.6	Patient(en), Krankenhaus
35	Transport zu einer PA / einem BHP	A3.5	Patient(en), PA/BHP
36	Begleitung zu einer PA / einem BHP	A3.5	Patient(en) oder Beschreibung, PA/BHP
37	Schicken zu einer PA / einem BHP	A3.5	Beschreibung, PA/BHP
40	Behandlung eines Patienten	A3.4	Patient
41	Behandlung an einer PA / einem BHP	A3.4, A3.5	PA/BHP
50	Mithilfe an einer PA / einem BHP	A3.5, A3.8-A3.11	PA/BHP
60	Vorläufige Einsatzleitung	A0.1-A0.4	-
61	Führungsunterstützung	A3.12	-
62	Leitung einer räumlichen Struktur	A3.8, A3.12	Struktur (z.B. PA)
63	Leitung einer Aufgabe	A3.12	Beschreibung
70	Vorsichtung	A3.2	ggf. Startort
71	Sichtung	A3.3	ggf. Startort
99	Anderer Auftrag	A3.13	Beschreibung

Tabelle 22: Identifizierte Aufträge für das System.

Die Aufträge werden in das System implementiert, indem sie in den in Abschnitt 8.4.3 beschriebenen Modulen vergeben werden können und der Fortschritt in den Modulen erkennbar ist. Sie bilden auch die Grundlage für die Simulationen und die Automatisierung.

## 10.3 Systeme für Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion

Die Systeme für Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion sind in dieser Arbeit wichtig, da die Automatisierung gemäß der Konzeption nur in einem integrierten MANV-System mit adäquater Datenlage möglich ist. Zur Demonstration wurden einige prototypische Systeme entwickelt, die nachfolgend vorgestellt werden. Zudem wird in Abschnitt 10.5 die Implementierung der in Abschnitt 8.10 konzipierten Simulation von Daten sowie Datenerzeugung beim Training in einer parallel ablaufenden Virtual-Reality-Simulation beschrieben.

### 10.3.1 Anwendungen zur Vorsichtung mit Wearables

In diesem Abschnitt wird die bereits in Abschnitt 7.3.2 genannte Anwendung zur Vorsichtung von Verletzten auf Basis von Smartglasses und Smartwatches vorgestellt (F1.2 und A3.2). Die Konzeption und Realisierung einer Anwendung für Smartglasses ist als Masterarbeit des Autors dieser Arbeit im Jahre 2015 erfolgt (Berndt, 2015). Sie folgte einem nutzerzentrierten Entwicklungsprozess mit Fokus auf die Gebrauchstauglichkeit (Berndt, Mentler & Herczeg, 2015; Mentler, Berndt, Wessel & Herczeg, 2017) Als Gerät wurde die in Abbildung 45 gezeigte „Google Glass“ verwendet.



Abbildung 45: Google Glass (Google, 2013).

Für die Vorsichtung lässt sich die in Abbildung 15 vorgestellte HTA als Grundlage nehmen und unter Berücksichtigung der Nutzung eines computerbasierten Vorsichtungsgeräts zu der in Abbildung 46 gezeigten HTA erweitern.

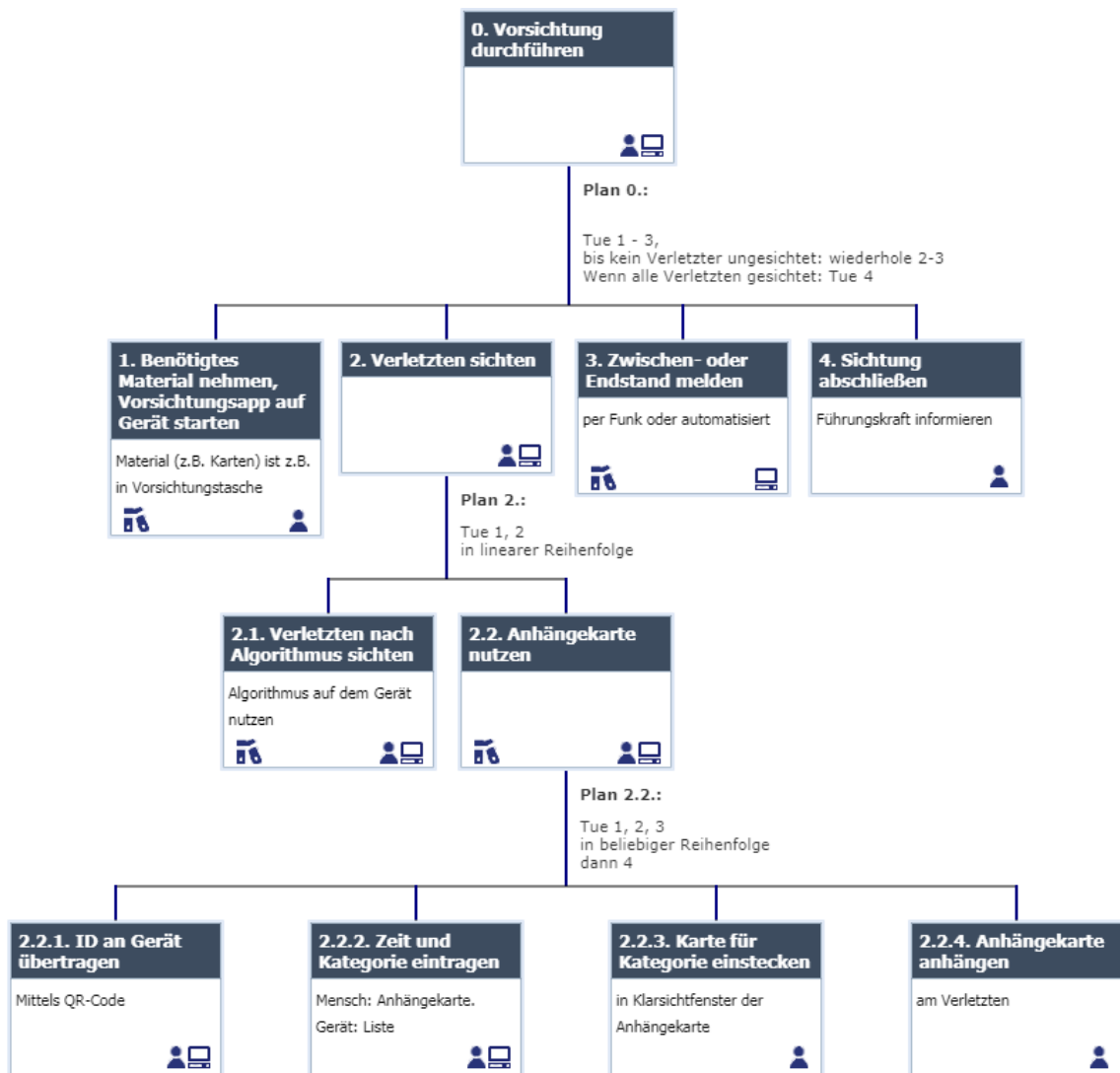


Abbildung 46: HTA zur Vorsicht mit einem computerbasierten Vorsichtungsgerät. Zum Vergleich ist in Abbildung 15 eine HTA zur papierbasierten Vorsichtung zu finden.

Die iterativ entwickelte Anwendung ermöglicht es, die ID des Verletzten anhand des QR-Codes einer damit versehenen Verletztenanhängekarte einzulesen und zeigt anschließend die Fragen eines Vorsichtungsalgorithmus (siehe Abschnitt 5.2.4) sowie abschließend die Kategorisierung an (Abbildung 47 und Abbildung 48). Als Vorsichtungsalgorithmus wurde der bereits in Abschnitt 5.2.3 eingeführte mSTaRT-Algorithmus nach Kanz et al. (2006) verwendet.

Zusätzlich zur Anwendung für Smartglases wurde im Rahmen eines Bachelorprojekts im Sommersemester 2016 von Bartsch, Hiesener und Stahl eine Vorsichtungs-Anwendung für eine Smartwatch konzipiert und realisiert. Als Gerät wurde die Sony Smartwatch 3 verwendet, die einen quadratischen Bildschirm bereitstellt. Die Anwendung ist eigenständig lauffähig, basierte aber von Anfang an auf der Annahme, dass sie „als Vorarbeit für eine eventuelle Verwendung der Smartwatches als Eingabegerät bei Anzeige des Algorithmus auf einer Datenbrille dienen“

sollte (Ausschreibung des Bachelorprojekts). Diese Zielsetzung der Cross-Device-Interaktion ist ein Resultat der Evaluation in der Masterarbeit des Autors dieser Arbeit. Dementsprechend lag neben der Gestaltung der Benutzungsoberflächen für den kleinen Bildschirm ein Fokus auf der Konzeption eines geeigneten Bedienungskonzepts. Realisiert wurden eine Interaktion mit Buttons und eine mit Wischgesten (siehe Abbildung 49).



Abbildung 47: Erste Ansicht der Anwendung zum Einlesen des QR-Codes einer Verletztenanhängekarte (links) und die nach dem Einlesen folgende Ansicht mit der ersten Frage des Algorithmus (rechts).



Abbildung 48: Sprachmenü zum Beantworten der Frage nach der Gehfähigkeit (links) und Kategorisierung des Patienten in die Kategorie III mit Farbcode grün (rechts).



Abbildung 49: Links zu sehen ist die Smartwatch mit laufender Anwendung. Rechts zu sehen sind die unterschiedlichen Konzepte der Bedienung durch Buttons und durch Wischgesten. (rechte Bilder von Bartsch, Hiesener und Stahl, 2016).

In einem Bachelorprojekt von Hemmie, Kondratyan, Schalk, Schröder und Wanali im Wintersemester 2018/19 wurden die Smartglasses- und Smartwatches-Anwendung um einen weiteren

Sichtungsalgorithmus erweitert. Gewählt wurde dafür PRIOR (siehe Abschnitt 5.2.3). Zudem wurde eine Geräte-Verbindung hergestellt, so dass beide Geräte als Eingabe- und Ausgabegerät nutzbar sind. Damit ist die Cross-Device-Interaktion möglich, indem der Benutzer sich den Algorithmus auf den Smartglasses ansieht und Eingaben auf der Smartwatch vornimmt, wofür sich insbesondere die Wischgesten eignen, da diese im Gegensatz zu Buttons nicht ortsbezogen auf dem Bildschirm sind und daher keinen Blick erfordern. Gleichzeitig wurde die Übertragung von Daten an den Server des integrierten MANV-Systems implementiert (siehe Abschnitt 10.6).

### 10.3.2 Mobile Geräte für den Behandlungsplatz

Eine Anwendung für die Nutzung am BHP wurde von Kondratyan (2019) in seiner BA implementiert. Sie basiert auf der Einteilung in Ansichten für den Eingangsbereich, die Behandlungszelte und den Ausgangsbereich, wie in Abschnitt 4.1.3 eingeführt. Entsprechend der Analysen zu passenden Geräten in Abschnitt 8.1.4 war ein Tablet als Geräteart zielführend. Zudem wurde festgestellt, dass die Aufgaben im Bereich der Sichtung, Diagnose, Behandlung, Registrierung und Transportsichtung liegen und damit zu den Aufgaben passen, die das Verletztenmodul des FUS ebenfalls abbilden muss (siehe Abschnitt 10.2.5). Daher wurden die Ansichten in das FUS implementiert. Am BHP sind durch Auswahl der entsprechenden Rolle oder Festeinstellung bei der Installation auf dem Tablet lediglich die relevanten Ansichten benutzbar.

### 10.3.3 Anwendung für die Vorläufige Einsatzleitung

Eine Anwendung für die vorläufige Einsatzleitung wurde im Rahmen der BA von Rück im Jahr 2020 konzipiert und implementiert. Auf Grund der begrenzten Verfügbarkeit von Smartglasses und Smartwatches in der Praxis erfolgte die Implementierung auf einem Smartphone. Während konzeptionell Wearables besser geeignet wären (vergleiche Abschnitt 8.1.2 sowie die Ausführungen in der BA, S. 9), bietet die Implementierung mit einem Smartphone die Möglichkeit der Nutzung parallel zu den in Abschnitt 10.3.1 vorgestellten Anwendungen bei begrenzter Verfügbarkeit von Smartglasses und Smartwatches und zeigt die Möglichkeiten für die derzeitige Praxis auf (siehe Abschnitt 7.3.1). Die Anwendung ersetzt die in Abschnitt 5.2.4 eingeführten Checklisten, enthält aber auch eine Funktion zur Vorsichtung. Sie ermöglicht es insbesondere, den Funkverkehr bezüglich der frühen Lagemeldungen an die Leitstelle zu ergänzen, indem beispielsweise die geschätzte Verletztetenzahl eingetragen werden kann. Diese und ähnliche Informationen können so im Sinne des integrierten MANV-Systems direkt für weitere Systemteile und insbesondere das FUS genutzt werden. Die Evaluation der BA zeigt auf, dass die Anwendung von Rettungsdienstlern als sinnvoll erachtet wird und mutmaßlich sogar ohne die Datennutzung im FUS einen Mehrwert im MANV mit sich bringen würde.

## 10.4 Simulationskomponenten

Die Simulationskomponenten basieren auf der Konzeption in Abschnitt 8.9. Sie wurden vom Autor dieser Arbeit rudimentär implementiert, im Rahmen der BA von Fast (2020) erweitert und dann wiederum vom Autor dieser Arbeit finalisiert. Obwohl die Simulationskomponenten die Aufgaben von Einsatzkräften ohne Führungsfunktion simulieren, sind sie technisch im FUS implementiert. Das hat den Vorteil, dass die Simulation auch ohne weitere Geräte und insbesondere ohne Netzwerk, etwa zum Training, genutzt werden kann. Die Einstellungen werden in der in Abbildung 50 gezeigten Startansicht des FUS festgelegt. Sie entfallen im Produktivbetrieb. Dann können beim Start nur die Rolle und allgemeine Informationen eingegeben werden, sofern nicht fest konfiguriert.

The screenshot shows the 'MANV Assistent' interface. It is divided into three main sections: 'Einsatzort', 'Persönliche Daten', and 'Simulation von Verletzten / Fahrzeugen'.  
1. **Einsatzort:** Two radio buttons are present: 'Ratekau (Bahn)' (selected) and 'Hopon'.  
2. **Persönliche Daten:** Fields for 'Vorname:' (input: 'Vornamen eingeben'), 'Nachname:' (input: 'Nachnamen eingeben'), and 'Kürzel:' (input: 'Kürzel eingeben'). A 'Rolle:' section has four radio buttons: 'Einsatzleitung (OrgL/LNA)' (selected), 'BHP Eingangsdoku', 'BHP Behandlungsdoku', and 'BHP Ausgangsdoku'.  
3. **Simulation von Verletzten / Fahrzeugen:** Two checked checkboxes: 'Verletzte simulieren' and 'Rettungsfahrzeuge simulieren'. Below them, 'Anzahl Verletzte:' has a text input 'Nummer eingeben'. 'Aufteilung der Verletzten:' has a radio button for 'klassisch - SK I-IV: 20/4' (selected) and another for 'realitätsnah - SK I-IV: 1'. 'Geschwindigkeit der Simula' has three radio buttons: '1x' (selected), '2x', and an empty one. A dropdown menu for 'MANV-Level (Alarmierung):' is open, showing options: 'keine Alarmierung' (selected), 'R0, 3-6 Patienten', 'R1, 7-10 Patienten', 'R2, 11-25 Patienten', 'R3, 26-50 Patienten', and 'R4, > 50 Patienten'.  
At the bottom, there are three buttons: 'STARTEN', 'EVALUATIONSMODUS 1 STARTEN', and 'EVALUATIONSMODUS 2 STARTEN'.

Abbildung 50: Startansicht des Systems. Die Eingabe des Einsatzortes, die Einstellung der Simulationskomponenten und der Start der Evaluationsmodi sind der Nutzung als Demonstrations- und Evaluationssystem geschuldet.

Die Simulation benötigt einen festen Einsatzort. Eine ortsunabhängige Simulation ist nicht möglich, da für die Simulation ein passendes Szenario und manuell eingetragene Positionsangaben für die Verletzten sowie räumliche Strukturen notwendig sind. Zudem soll zugunsten einer realitätsnahen Simulation mit realen Fahrzeugdaten gearbeitet werden. Die Simulationskomponenten sind so implementiert, dass aus unterschiedlichen Einsatzorten gewählt werden kann, wobei zwei Einsatzorte konfiguriert sind. Beide liegen an einer Bahnstrecke und passen damit zu zwei der in Abschnitt 1.4.3 genannten Szenarien. Die weiteren Szenarien wurden wegen der Komplexität ausgeschlossen. So wären in Bezug auf das Flugschaunglück von Ramstein die Brände zu berücksichtigen, bei einer Amokfahrt und einer Massenpanik die Dynamik der Situation.

Die Durchführungsgeschwindigkeit für Aufgaben kann verändert werden, wodurch diese im Zeitraster durchgeführt werden. Diese Funktionalität ist für Simulationen in der Prozessführung sinnvoll, um eine komprimierte Betrachtung des Verhaltens zu ermöglichen, aber auch einfach um „langwierige Übergangsvorgänge signifikant zu beschleunigen“ (Holl & Schuler, 1992; Holl, 2008). Interessant wäre ferner auch eine Start-/Stopp-Funktion, die aufgrund der Komplexität der Speicherung des Ist-Zustands und dessen Fortsetzung sowie fehlendem Nutzen für die Evaluation dieser Arbeit jedoch niedrig priorisiert und nicht umgesetzt wurde.

#### 10.4.1 Alarmierung im Fahrzeugsimulator

Für die Alarmierung der Fahrzeuge in der Fahrzeugsimulation wurden zwei Ansätze identifiziert, die beide implementiert wurden:

- *Speicherung der Fahrzeuge in Form einer Liste.* Dabei werden Ankunftszeiten mit einer Modellrechnung sichergestellt, indem sie aus einem beispielhaften Rettungsdienstbereich (vorgestellt in Abschnitt 2.1) und einem Autobahnabschnitt als Ort mit Risikopotential für einen MANV abgeleitet werden. So wurde im ersten Schritt für alle vorhandenen Fahrzeuge im entsprechenden Rettungsdienstbereich inklusive Umland eine Ankunftszeit bestehend aus einer Minute Ausrückzeit und der Zeitentfernung bei wenig Verkehr berechnet. Diese Zeitentfernung ist definiert worden als zeitliche Dauer der Strecke gemäß einem Kartendienst<sup>60</sup> multipliziert mit 4/5 als Annahme für die Zeitersparnis durch Sonder- und Wegerechte (zum Beispiel an Ampeln bzw. durch erhöhte Geschwindigkeit). Für Katastrophenschutzfahrzeuge wurde eine Ankunftszeit der Einsatzkräfte am Standort, abgeleitet aus Abschnitt 4.2.2, mit einbezogen.
- *Speicherung aller Rettungswachen im Umkreis des Notfallorts mit den dort vorhandenen Fahrzeugen.* Bei Alarmierung wird jedes Fahrzeug mit einer in der Konfiguration festgelegten Wahrscheinlichkeit verworfen, wodurch die Nichtverfügbarkeit durch andere Einsätze simuliert wird. Bei verfügbaren Fahrzeugen wird eine in der Konfiguration gespeicherte Zeit lang gewartet (standardmäßig 1-2 Minuten), bis das Fahrzeug ausrückbereit ist. Anschließend erfolgt die Navigation mittels einem Kartendienst. Falls mehr Fahrzeuge benötigt werden als gespeichert, werden Fahrzeuge außerhalb des definierten Umkreises generiert mit einer steigenden Zeitdistanz. Diese erhalten Koordinaten an größeren Straßen, sobald sie zeitlich im Umkreis ankommen. Die Implementierungsvariante ermöglicht dadurch die Generierung unbegrenzter Fahrzeugzahlen.

---

<sup>60</sup> Verwendet wurde Google Maps (<https://www.google.de/maps>) zwischen Februar und August 2017.

Insgesamt skaliert die zweite Variante besser, sodass die erste Variante in aktuellen Versionen des Systems nicht mehr verwendet wird. In der BA von Fast (2020) wurde die Nutzung einer koordinatenbasierten Route mittels Integration von OpenStreetMaps-Routing<sup>61</sup> realisiert, sodass die Anfahrt zeitbasiert auf der Karte des Systems visualisiert werden kann. Diese Funktion erscheint im Sinne eines integrierten MANV-Systems als sinnvoll und realistisch. Um die Zahl der Internet-Abfragen zu reduzieren, werden die Routen gespeichert. Der Umkreis wurde im Beispiel als 40 Minuten Eintreffzeit festgelegt. Diese Zeitspanne kann als Bereich einer Leitstelle angesehen werden, sodass weitere Fahrzeuge von extern angefordert werden und sich auf Anfahrt bei Erreichen des Leitstellenbereichs anmelden – auch in der Realität wäre erst dann die Position bekannt. Da es im 40-Minuten-Radius eine begrenzte Anzahl an Wachen und zudem eine kleine Anzahl an größeren Eintrittsstraßen gibt, ist die Anzahl der Abfragen in kleineren MANV-Stufen zwar linear abhängig von der Anzahl der Fahrzeuge, hat aber die Höchstgrenze in der Anzahl der Wachen und Eintrittspunkte.

Die Anwendung ermöglicht eine Konfiguration der Verfügbarkeit von Einsatzfahrzeugen. Standardmäßig werden folgende Zahlen angenommen:

- Für Notarzteinsatzfahrzeuge eine Verfügbarkeit von 65%. Die Quote der Notarzteinsatzfahrzeuge ergibt sich aus dem Durchschnitt der Auslastungszahlen der Notarzteinsatzfahrzeuge der RKiSH für das Jahr 2010 (Scheffler, 2014).
- Für RTWs muss die Zahl geschätzt werden und wird auf 70% festgelegt.
- Für den Sanitätsdienst wird angenommen, dass grundsätzlich alle Fahrzeuge zur Verfügung stehen, wobei es zum Zeitpunkt der Erstellung der Modellrechnung Fehlbestände in einzelnen Einheiten gab. Eine Berechnung mit Werkstatt- oder anderen Ausfallzeiten erscheint jedoch wenig zielführend, da diese lediglich Mutmaßungen wären.

#### 10.4.2 Vorläufige Einsatzleitung im Fahrzeugsimulator

Das ersteintreffende Fahrzeug wird vom Fahrzeugsimulator grundsätzlich als VEL eingesetzt, wie in Abschnitt 5.2.1 beschrieben. Im Fahrzeugsimulator wird angenommen, dass dessen Besatzung sich konform zu den Vorgaben verhält. Die erste Lagemeldung erfolgt in der Form, dass die MANV-Stufe an die tatsächlichen Verletzten angepasst wird (F0.1). Das zweite Fahrzeug erhält den Auftrag, die Vorsichtung durchzuführen (A0.3, A3.2, Abschnitt 5.2.3). Nachfolgend werden die weiteren Aufgaben der VEL inklusive der Auftragsvergabe an andere Einsatzkräfte simuliert (F0.2-F0.3). Diese Simulation endet nach 30 Minuten. Sie kann vorher abgebrochen werden, indem das Eintreffen der ELRD mittels Klicken eines Buttons signalisiert wird. Die Zeitspanne von

---

<sup>61</sup> <https://routing.openstreetmap.de/> (Zugriff am 18.08.2022).

30 Minuten dürfte gemäß der Analyse in den meisten Fällen ausreichen, hier wurde eine Dauer von bis zu 20 Minuten zwischen Eintreffen des ersten RTWs und der ELRD als realistisch erachtet (siehe Abschnitt 4.2.2).

### 10.4.3 Simulation der Aufträge im Fahrzeugsimulator

Neben der Simulation der Anfahrt und der VEL gehört zum Fahrzeugsimulator auch die Simulation der Durchführung der Aufträge (siehe Tabelle 22). Jede Mission ist technisch als eigene Java-Klasse implementiert. Für die Simulation erhalten die Aufträge spezielle Status, die Zustände simulieren. Diese wurden von Fast (2020) in Absprache mit dem Autor dieser Arbeit eingeführt. So lässt sich beispielsweise der Auftrag „Verletztentransport ins Krankenhaus“ in folgende Abschnitte unterteilen:

- 200: Warten auf Anfahrt (In das Fahrzeug einsteigen, Türen schließen),
- 201: Anfahrt zum Patienten,
- 300: Patienten aufnehmen,
- 301: Patienten zum Fahrzeug transportieren,
- 103: Warten auf Abfahrt (Patienten ins Fahrzeug laden, anschnallen, selbst einsteigen),
- Wiederholung von 200 – 301, falls es weitere Patienten gibt und
- 601: Fahrt ins Krankenhaus.

Jeder Status hat eine festgelegte Dauer. Der Fahrzeugsimulator prüft in einer (konfigurierbaren) Frequenz den Status der Fahrzeuge und, falls die Dauer abgelaufen ist, ob Änderungen notwendig sind. Falls das der Fall ist, wird auf Basis des aktuellen Status und weiterer Informationen (etwa, ob alle Patienten im Fahrzeug sind), der neue Status festgelegt.

### 10.4.4 Verletztensimulator

Der Verletztensimulator simuliert, falls aktiviert, den Ablauf der Vorsichtung und damit das Erscheinen der Verletzten im MANV-System. Er wird gestartet, sobald ein Fahrzeug die Vorsichtung beginnt. Dadurch werden die Verletzten technisch (abweichend von der Realität) nicht zum Alarmzeitpunkt, sondern erst während der Vorsichtung generiert, da sie erst zu diesem Zeitpunkt für das MANV-System relevant werden. Diese Vereinfachung scheint für diese Arbeit zweckmäßig und verringert die Komplexität erheblich. Für den Verletztensimulator wird angenommen:

- Es gibt eine Startverzögerung (z.B. 1 Minute) ab Eintreffen des Fahrzeugs, das die Vorsichtung durchführt. Diese wird für die Auftragsvergabe bis zur Ankunft der Einsatzkräfte bei den Verletzten benötigt.

- Es wird vom Vorsichtungsalgorithmus mSTaRT ausgegangen, der in dieser Arbeit vielfältig verwendet wird (siehe Abschnitt 5.2.3). Bei den Verletzten wird gemäß den in Abschnitt 5.2.3 genannten Zeitdauern als Sichtszeit für die SK 3 mit 15 Sekunden gerechnet (Weg zum Verletzten + Vorsichtung). Für die SK 2 wird ein Wert zwischen 20 und 40 Sekunden angenommen, für SK 1 zwischen 25 und 65 Sekunden.

Die Zeitspannen werden zudem durch die Anzahl der vorsichtenden Fahrzeuge geteilt. Diese Variante stellt eine Vereinfachung zu einer parallel stattfindenden Vorsichtung mehrerer Verletzter dar, die allerdings im Gesamtbild keinen wesentlichen Effekt hat. In der Realisierung ist sie einfacher, da bei parallelen Vorsichtungen mehrere Zeitdauern zu berücksichtigen wären.

## 10.5 Erzeugung von Daten mit einer VR-Simulation

Für die in Abschnitt 8.10 beschriebene Nutzung von beim Training mit einer VR-Simulation erzeugten Daten wurde die im dortigen Abschnitt beschriebene Trainingssimulation in einer BA von Schuldt (2020) erweitert. Sie kann eine Verbindung mit dem in dieser Arbeit entwickelten und in Abschnitt 10.6 beschriebenen Java-Server aufbauen und Nachrichten an diesen versenden. Da die Trainingssimulation in Unity mit C# anstelle von Java implementiert ist, versendet sie Textnachrichten anstelle von Java-Nachrichten. Diese enthalten in einem definierten Textformat folgende Informationen:

- Interaktionsart als Nummer (zum Beispiel: Anlegen eines Verbands)
- ID des Betroffenen
- Beschreibung der Interaktion (zum Beispiel: Anlegen eines Verbands am rechten Fuß)

Sie können im Server eingelesen, anhand definierter Trennungszeichen zerlegt und in Java-Objekte umgewandelt werden, sodass die Verletzten im MANV-System erscheinen.

## 10.6 Server-Anwendung und Netzwerk

Die Implementierung des Servers folgt den Überlegungen zum Netzwerk in der Konzeption (siehe Abschnitt 8.5.2). In diesem Abschnitt geht es um die technische Realisierung.

Der Server ist als Java-Server implementiert. Er stellt unter einem definierten Port einen Socket als Kommunikationsendpunkt bereit und wartet in einem allgemeinen Thread auf Clients. Verbindet sich ein Client, so erhält er einen eigenen Thread als parallel ablaufenden Anwendungsteil. Damit bleibt der allgemeine Thread der Anwendung für die Anmeldung weiterer Clients

verfügbar. Insgesamt verwaltet der Server also einen allgemeinen Thread für die Anmeldung von Clients und eine Liste mit Threads bereits verbundener Clients.

Zusätzlich enthält der Server zur Diagnose von Problemen eine rudimentäre JavaFX-Benutzungs-oberfläche. In dieser werden Statusänderungen wie die Verbindung neuer Clients, der Abbruch von Verbindungen sowie die Datenübertragung angezeigt.

### 10.6.1 Client-Arten und rudimentäre Datenübertragung

Entsprechend der Anforderung in Abschnitt 8.5.2, dass der Server Informationen an ausgewählte Clients versenden können muss, registrieren sich Clients mit folgenden Informationen:

- Eine ID, die die eindeutige Zuordnung eines Clients ermöglicht.
- Eine Client-Art, die es ermöglicht, C#-Clients (VR-Simulation) und Java-Clients (alle anderen Systeme) zu trennen. Diese Information ist notwendig, da in C# Textnachrichten statt Java-Objekten übertragen werden.
- Eine Gruppennummer, die für die Art des Systems (z.B. FUS oder Smartglasses-Anwendung zur Vorsichtung) steht.

Damit neu verbundene Clients den aktuellen Informationsstand erhalten können, muss dieser synchronisiert werden. Vereinfacht ergibt sich die in Abbildung 51 dargestellte Architektur.

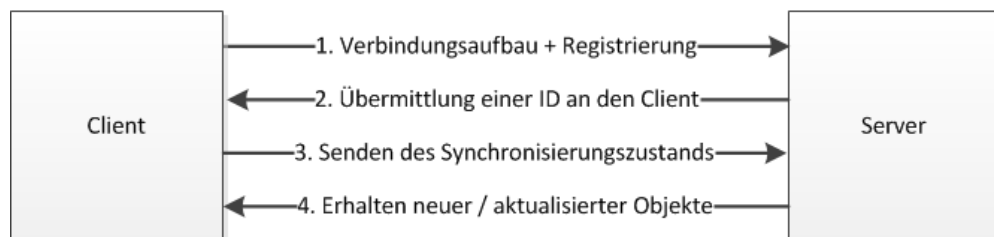


Abbildung 51: Konzeption des Verbindungsaufbaus beim ersten Start inklusive Synchronisation der Objekte. Beim ersten Start der Anwendung ist die Synchronisierungsnummer 0, so dass alle Objekte übertragen werden.

Um die Daten übertragen zu können, muss der Server diese speichern. Dafür verfügt er über eine Datenbank, genutzt wird das relationale Datenbanksystem SQLite.

### 10.6.2 Datenübertragung bei Verbindungsausfällen

Entsprechend der Konzeption soll der Server bei Verbindungsausfällen die in der Zwischenzeit geänderten Objekte übertragen können. Dabei ergibt sich die Schwierigkeit, dass Objekte hinzugefügt, modifiziert und gelöscht worden sein können. Gleichzeitig können auf dem Client Veränderungen vorgenommen worden sein. Die Datenübertragung bei Verbindungsausfällen erfordert zudem eine serverseitige ID-Verteilung, da Clients sonst bei Verbindungsausfällen IDs doppelt

vergeben können. Diese Eigenschaft tritt bei Verletzten nicht auf, falls eindeutige Nummern auf Verletztenanhängerkarten verwendet werden, kann jedoch bei Fahrzeugen relevant werden. Daher weist die Implementierung der Datenübertragung eine gewisse Komplexität auf:

- Der Server sendet für korrekt empfangene Objekte das Objekt zusammen mit der Client-ID und der generierten Objekt-ID an die Clients. Der versendende Client erkennt anhand der eigenen ID, dass er das Objekt versendet hat und weist diesem die vom Server generierte Objekt-ID zu. Andere Clients können anhand der Objekt-ID feststellen, ob es sich um ein hinzugefügtes oder modifiziertes Objekt handelt.
- Der Server hat eine Synchronisationsnummer, die der Client mit jeder Datenübertragung erhält. Fällt bei einem Client die Netzwerkverbindung aus, kann der Server anhand der Synchronisationsnummer die im Anschluss geänderten Objekte versenden.
- Der Client speichert bei Datenausfall die noch zu sendenden Objekte zwischen und übermittelt diese bei wieder vorhandener Verbindung an den Server. Falls mehrere Clients Änderungen vorgenommen haben, entscheidet die Synchronisationsnummer und anschließend der Zeitstempel der letzten Änderung.

Die Gesamtarchitektur der Datenübertragung wird in Abbildung 52 gezeigt.

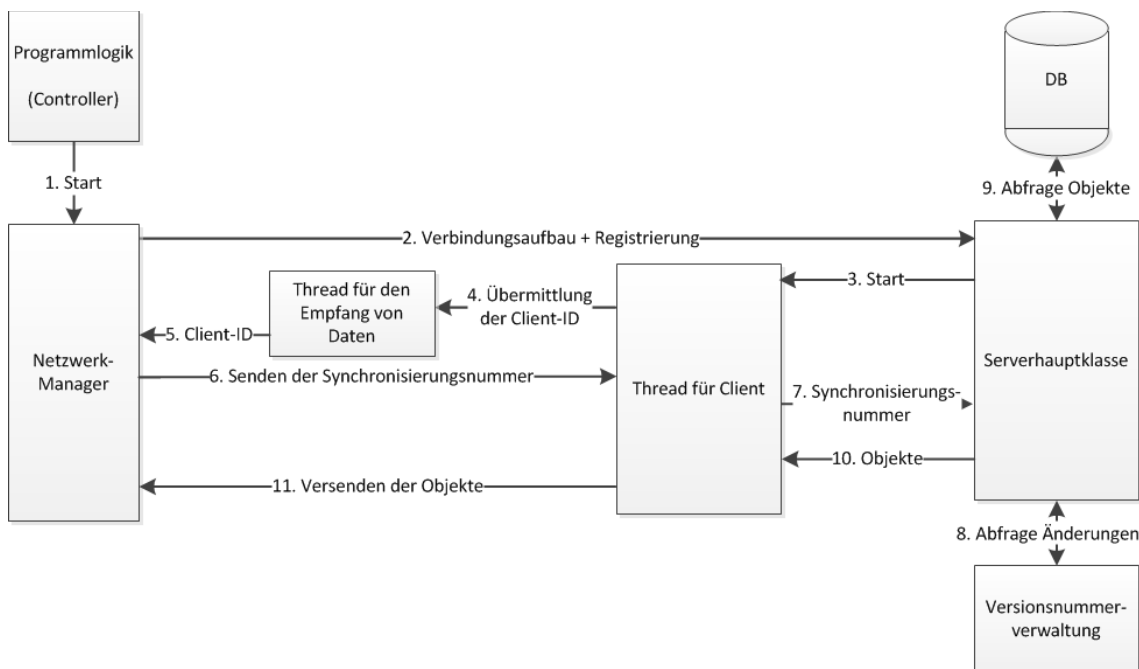


Abbildung 52: Datenübertragung unter Berücksichtigung des Ausfalls von Verbindungen.

Die Realisierung der Netzwerk-Funktionalität ist für den Produktivbetrieb nicht ausreichend, zeigt aber prototypisch auf, dass sich Probleme wie Verbindungsausfälle lösen lassen. Insbesondere ist die Synchronisation mehrerer Server noch nicht betrachtet.

## 10.7 Implementierung der Automation

In der Konzeption der Automation wurden sowohl die Auswahl der Stufen für die Automation (siehe Abschnitt 9.5), als auch die Automationsfunktionalität (siehe Abschnitt 9.4) erarbeitet. So ergibt sich etwa für die Automationsstufe der Empfehlung und das Patientenmodul in Bezug auf die Planung (Mensch und Computer, Auflistung aus Abschnitt 9.4.2) die Funktionalität:

- Empfehlung der Versorgung von Verletzten, die länger nicht versorgt worden sind,
- Empfehlung einer Reihenfolge für die Versorgung,
- Vorschlag von Zeitpunkten für Aktionen (wie den Transport zu einem BHP),
- Empfehlung von Änderungen in der Versorgung und
- Berechnung der Effektivität und Effizienz für Handlungsoptionen (z.B. mit Nähe zum Verletzten und Belegung für die BHPs).

Bei Betrachtung der Stichpunkte zeigt sich, dass die Implementierung teilweise erfordert, dass die Anwendung den Verlauf des MANV erkennt. So ist etwa für Punkt 3 notwendig, dass mindestens ein BHP eingerichtet ist und dass der Zeitpunkt sinnvoll ist. So muss sichergestellt sein, dass der Transport an den BHP regelmäßig erst dann erfolgt, wenn sich keine Patienten mit SK1 mehr im SG befinden oder deren Versorgung personell sichergestellt ist. Die grobe Unterteilung in MANV-Phasen im Abschnitt 4.2.2 reicht offensichtlich nicht aus. Aus diesem Grund wird ein zeitliches Modell implementiert.

### 10.7.1 Zeitliches Modell

Das zeitliche Modell wird in Form von Phasen mit Ein- und Ausgangsbedingungen realisiert und passt zum zeitlichen und räumlichen Kontext des MANV (siehe Kapitel 4). Phasen können parallel ablaufen, bei Bedarf können auch welche übersprungen werden.

Die Phasen geben nicht zwangsläufig den tatsächlichen MANV-Verlauf wieder, sondern dienen vielmehr der Bestimmung, welche Aktionen sinnvoll wären. So sind etwa Soforttransporte sinnvoll, sobald eine Versorgungssicherheit gewährleistet ist; entsprechend wechselt das System dann in Phase 4. Ob tatsächlich Soforttransporte stattfinden, hängt davon ab, ob der Benutzer oder bei entsprechender Stufe die Automation diese in Auftrag gibt. Die Phasen sind in Tabelle 23 aufgeführt.

<b>Phase</b>	<b>Eingangsbedingung</b>	<b>Ausgangsbedingung</b>
1 Vorsichtung	Erstes Fahrzeug hat Auftrag zur Vorsichtung erhalten	Alle Patienten sind vorgesichtet

2 Behandlung im SG	Ausreichend viele Fahrzeuge sind zur Vorsichtung eingeteilt*	Kein Patient mehr im SG
3 Behandlung an PA	PA ist im System hinterlegt	Kein Patient mehr an PA
4 Soforttransporte	Fahrzeug-Patienten-Verhältnis ausreichend*	Start der Phase 7
5 Aufbau BHP	BHP notwendig (Patientenzahl*) und PA ausreichend besetzt*	Ausreichend viele BHPs fertig aufgebaut
6 Transporte an BHP	BHP fertig aufgebaut und alle Patienten im SG und PA versorgt	Kein Patient mehr an PA
7 Transporte	Ausreichend viele Fahrzeuge für Transporte vorhanden*	Kein Patient mehr vor Ort

Tabelle 23: Phasen mit Ein- und Ausgangsbedingungen. Die mit Stern markierten Bedingungen basieren auf Werten, die konfiguriert werden können. Sie wurden auf Basis der Analysen und der Erfahrung des Autors vorkonfiguriert.

## 10.7.2 Benutzungsoberfläche der Automation

Die Automation verfügt über einen modulspezifischen Automationsbereich, wie in Abschnitt 10.7.2 eingeführt. Er enthält die Empfehlungen, Vorschläge und Hinweise zur Automation, aufgeteilt in die drei Felder „Patienten“, „Fahrzeuge“ und „Orte“, die die Module widerspiegeln. Auf das Transportmodul wurde verzichtet, da es lediglich Funktionalität des Patienten- und Fahrzeugmoduls anders darstellt (siehe Abschnitt 10.2.7). Die Automationsmeldungen bestehen aus einem Text und Aktionsbuttons (je nach Stufe Quittierung / „Schließen“, Bestätigung / „Ja“ oder Ablehnung / „Nein“). Sie sind entsprechend dem auslösenden Objekt auf die Felder verteilt. Falls etwa ein Patient aufgrund seines Zustands transportiert werden soll, so ist er das auslösende Objekt. Falls einem Fahrzeug eine Aufgabe zugeteilt wird, weil es frei ist (etwa die Behandlung unspezifischer Patienten an einem Ort), so ist es das auslösende Objekt. Die Automationsstufe kann mittels eines Buttons für alle Felder in einem Popup-Dialog geändert werden. Die Implementierung ist in Abbildung 53 zu sehen.

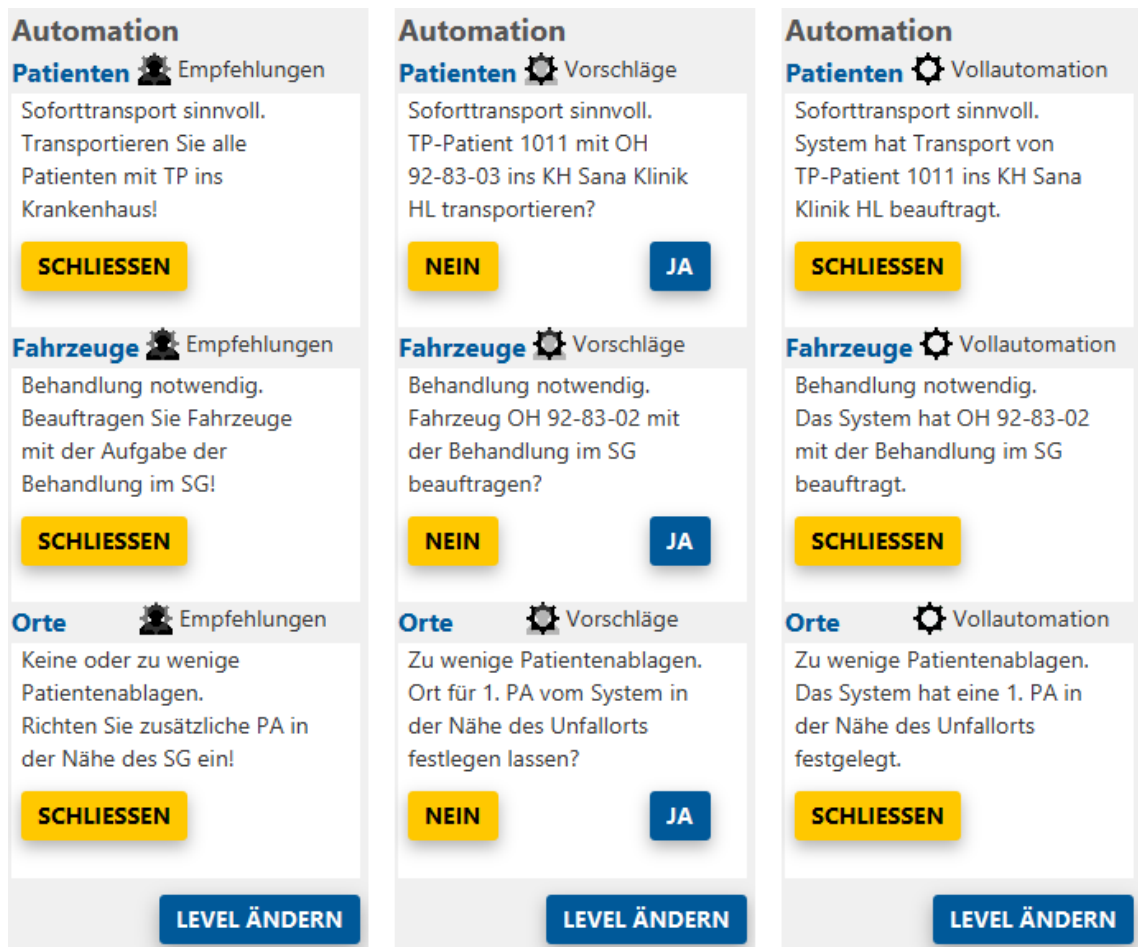


Abbildung 53: Automationsbereich für die unterschiedlichen Automationsstufen „Empfehlungen“, „Vorschläge“ und „Vollautomation“ an einem Beispiel im frühen MANV-Verlauf.

In den Stufen „Empfehlungen“ und „Vorschläge“ erkennen die Automaten, falls die Meldung nicht mehr aktuell ist, da der Benutzer diese durchgeführt hat oder sich die Situation geändert hat und erzeugen dann neue Meldungen, sofern es weitere Empfehlung oder Vorschläge gibt. In der Stufe der „Vorschläge“ wird die Meldung bei Ablehnung zurückgestellt und andere Vorschläge (falls vorhanden) angezeigt. Zurückgestellte Meldungen werden nach einer bestimmten konfigurierbaren Zeit erneut geprüft und wieder angezeigt, falls sie entsprechend den Algorithmen weiterhin zielführend sind. Die Vorschläge werden entsprechend der Realisierung zur Verdeutlichung nachfolgend als „Ja-Nein-Vorschläge“ bezeichnet.

# 11 Evaluation

Die Evaluation der Anwendung dient der Untersuchung der einfürend aufgestellten Hypothesen. Mit einer summativen Evaluation wird geklärt, ob sie den Ergebnissen standhalten oder verworfen werden. In Abschnitt 11.1 wird die Methodik erläutert, anschließend werden in Abschnitt 11.2 die Ergebnisse dargestellt und in Abschnitt 11.3 diskutiert und interpretiert.

## 11.1 Methodik

Die Evaluation fand mit der Hauptzielgruppe des Systems, OrgL des Rettungsdienstes, statt. Grundsätzliche Überlegungen werden in Abschnitt 11.1.1 erläutert, in Abschnitt 11.1.2 folgt die Grundstruktur mit Zuordnung zu den Hypothesen der Arbeit. Die Evaluation war anfangs in Form von Präsenzstudien mit Start im Oktober 2020 geplant, wie in Abschnitt 11.1.4 beschrieben. Die ersten Termine waren bereits festgelegt, mussten aber aufgrund der Lage der Corona-Pandemie 2020/21 kurz vor Evaluationsbeginn abgesagt werden. Da ein Zeitraum für eine Durchführung in Präsenz längerfristig nicht mehr absehbar war, wurde das Konzept bis November 2020 auf ein Online-Format umgestellt (siehe Abschnitt 11.1.1).

### 11.1.1 Vorüberlegungen

Um Antworten zu unterschiedlichen Fragestellungen (und letztlich den Hypothesen) liefern zu können, sollte die Evaluation aus unterschiedlichen Teilen und qualitativen wie quantitativen Aspekten bestehen. Als Kern der Evaluation war eine umfangreiche Systembenutzung geplant.

In Bezug auf das Format war von Anfang an eine Reihe von Einzelterminen mit jeweils einem OrgL geplant. Fachlich passt das Format dazu, dass auch in der Realität lediglich eine Person in der Rolle des OrgL am Einsatzort ist. Denkbar wäre eine Evaluation im Team der ELRD gewesen (siehe Abschnitt 2.3.1). Diese wurde aber als kaum terminlich organisierbar verworfen. Der Autor hat den Mehrwert zudem als gering eingeschätzt, da sich die Evaluation mit ihrem Fokus auf Automation hauptsächlich auf organisatorische Aspekte beziehen würde. Die Einzeltermine ermöglichten es hingegen, sich in der Beobachtung und den Interviews auf den jeweiligen OrgL konzentrieren zu können und gegenseitige Beeinflussungen zu vermeiden.

Der zeitliche Umfang wurde auf eineinhalb bis maximal zwei Stunden festgelegt. Eine längere Evaluation – beispielsweise als Tagesworkshop – wäre angesichts der zeitlichen Dauer eines MANV (vergleiche Abschnitt 4.2.2) einerseits und der Komplexität der Anwendung andererseits grundsätzlich sinnvoll gewesen. Es war jedoch bereits vorab und insbesondere aus Gesprächen

mit einzelnen OrgL klar geworden, dass die Evaluation nicht zu viel Arbeitszeit (wenn vom Rettungsdienst erlaubt) oder Freizeit kosten dürfte. Eine breite Akzeptanz war jedoch nötig, um ausreichend Evaluationsteilnehmer im äußerst begrenzten Kreis der OrgL zu finden. Insofern ist der Zeitansatz als Kompromiss zu sehen.

Die Evaluation sollte mobil vor Ort beim OrgL stattfinden. Damit wurde der Annahme Rechnung getragen, dass für eine zweistellige Anzahl an Evaluationsteilnehmern ohnehin die OrgL in ganz Schleswig-Holstein (und bei Bedarf darüber hinaus) angesprochen werden müssten. Eine Anreise zu einem vorgegebenen Evaluationsort wäre zeit- und kostenintensiv und hätte die Teilnahmebereitschaft mutmaßlich stark verringert.

### 11.1.2 Grundstruktur und Zuordnung zu Hypothesen

Die Evaluation sollte qualitative und quantitative Aspekte berücksichtigen, wobei die Aussagen im Kontext der Systembenutzung des im Rahmen der Arbeit entwickelten Computersystems erhoben wurden. Daher musste zusätzlich die Gebrauchstauglichkeit des Gesamtsystems erfasst werden, um sicherzustellen, dass das Computersystem der Evaluation in Bezug auf die Qualität der Funktionalität und insbesondere der Benutzungsoberfläche genügt. Diese Erfassung ist also als hilfswise anzusehen, wobei sich indirekte Zusammenhänge zu den Hypothesen 1 und 3 finden lassen. Nachfolgend wird die finale Struktur der Evaluation zusammengefasst. Die Zeiten enthalten jeweils Zeitpuffer, etwa für den Start der Anwendung, das Speichern des finalen Zustands in Teil 3 und unvorhergesehene Verzögerungen.

- Teil 1 – 9 Minuten: Begrüßung, Einverständniserklärung und Fragen zur Person (insbesondere Erfahrungsstand), zudem Erfassung der Technikaffinität.
- Teil 2 – 30 Minuten: Ausführliche Systemeinführung mittels Erklärung der Benutzungsoberfläche sowie Benutzung anhand kleinerer Aufgaben.
- Teil 3 – 8 Minuten: 6 Minuten produktive Systembenutzung mit einem beispielhaften MANV-Ereignis. Einer Hälfte der OrgL stand dabei keine Unterstützung zur Verfügung (Gruppe 1: Kontrollgruppe). Die andere Hälfte durfte Ja-Nein-Vorschläge nutzen (Gruppe 2: Interventionsgruppe). Die Zuordnung zu den Gruppen erfolgte abwechselnd.
- Teil 4 – 6 Minuten: Fragebogen und Interview zur Situation Awareness.
- Teil 5 – 13 Minuten: 6 Minuten produktive Systembenutzung mit demselben MANV-Ereignis wie in Teil 3. Teilnehmer, die in Teil 3 keine Teilautomation genutzt hatten, durften diese nutzen, die anderen nicht. Anschließend 5 Minuten Nutzung weiterer Automationsstufen (Empfehlungen und Vollautomation mit Information des Benutzers).
- Teil 6 – 5 Minuten: Fragebogen zur Gebrauchstauglichkeit.

- Teil 7 – 5 Minuten: Fragebogen zu den Automationsstufen in Bezug auf Aufgaben.
- Teil 8 – 14 Minuten: Interview und Abschluss.

Die Struktur berücksichtigt die Vorüberlegungen. Sie zeigt einige notwendige Einschränkungen der Studie auf:

- Die Systemeinführung und Erklärung der Benutzungsoberfläche nehmen einen großen Teil der Zeit ein. Dies ist notwendig, da die Anwendung komplex ist und bislang keine vergleichbaren Anwendungen eingesetzt werden. Es entspricht den Erfahrungen des Autors dieser Arbeit aus früheren Teilevaluationen, etwa der im Zusammenhang mit dieser Arbeit entstandenen mehreren BA (siehe Abschnitt 10.2.4). Trotzdem dürfte die angesetzte Zeit nicht ausreichen, die Anwendung komplett zu verstehen und insbesondere keinen sicheren Umgang ermöglichen. Die Erfassung der Gebrauchstauglichkeit in Teil 6 und 8 kann in diesem Zusammenhang aufzeigen, ob die Gestaltung der Anwendung und insbesondere der Benutzungsoberfläche Mängel aufweist, die eventuell zu einem hohen benötigten Einarbeitungsaufwand führen können (Herczeg, 2018, S. 8).
- Die vorgesehenen Zeiten für die Systemeinführung und die Systembenutzungen sind zu kurz, um den Ablauf eines MANV simulieren (siehe Abschnitt 4.2.2) und insbesondere die Vielfalt an Aufgaben abzudecken zu können. Diese Einschränkung wird durch Nutzung des Zeitraffers für die Simulation kompensiert (siehe Abschnitt 10.4). In der Einführung wird der Zeitfaktor 10:1 genutzt, sodass alle wesentlichen Aufgaben beobachtbar sind. In den produktiven Systemnutzungen wird ein Zeitfaktor von 5:1 gewählt, sodass die 6 Minuten Systembenutzung einem Zeitraum von 30 Minuten entsprechen. Der Zeitraffer könnte in Bezug auf die Evaluation sowohl negative (oder problematische) als auch positive Effekte haben. So dürfte er dafür sorgen, dass die OrgL es nicht schaffen, alle anfallenden Aufgaben zu erledigen beziehungsweise alle ankommenden Fahrzeuge zu beauftragen. Andererseits kann damit möglicherweise teilweise ausgeglichen werden, dass mangels realem Einsatzgeschehen in der Evaluation diverse Aspekte der Situationserfassung, Teamarbeit und Kommunikation entfallen und dadurch Wartezeiten mit Leerlauf entstünden. Der Zeitraffer kann daher eventuell zeitlich bedingten Stress simulieren und macht eine Bewertung des Grads der Zielerreichung möglich.
- Der Einsatzort ist festgelegt auf einen festen Ort, um ein einheitliches Szenario zu haben. Das gewählte Evaluationsszenario ist in Abschnitt 11.1.3 beschrieben.
- Die Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion und deren Aufgaben sind simuliert, wie in Abschnitt 10.4.4 beschrieben. Daher stellen die in der Simulation fehlenden menschlichen Faktoren der Einsatzkräfte eine Einschränkung dar (siehe Abschnitt 8.9).

- Weitere Führungskräfte und insbesondere Führungshierarchien sind nur ansatzweise berücksichtigt. So gibt es keinen LNA (siehe Abschnitt 11.1.1) und auch kein Personal zur Führungsunterstützung (siehe Abschnitt 2.3.1). Die Aktivität einer VEL vor Eintreffen des OrgL und die ärztliche Sichtung sind jedoch implementiert. Ebenso kann der OrgL weitere Führungskräfte, beispielsweise für Plätze, einsetzen.

Die Struktur der Evaluation ist bedingt durch das Ziel, die Hypothesen der Arbeit zu untersuchen. Daher wird nachfolgend die Zuordnung zu den Hypothesen erläutert.

- Die Hypothese 1 dieser Arbeit lautet: *„Eine passende Automation ermöglicht eine effektivere und effizientere Bewältigung von Massenanfällen von Verletzten.“* Für die Prüfung wurde die Lage am Einsatzort nach der Systembenutzung in Teil 3 erfasst, unter anderem mittels Log-Dateien und Bildschirmaufnahmen. Zudem zielen zwei Interviewfragen auf die subjektive Meinung der Evaluationsteilnehmer zu diesem Aspekt ab.
- Die Hypothese 2 lautet: *„Der Grad der Automation muss vom Benutzer einstellbar sein, damit das System zu den Anforderungen der Benutzer passt und akzeptiert wird.“* Sie wird mit dem Fragebogen in Teil 7 adressiert und im Interview thematisiert.
- Die Hypothese 3 lautet: *„Die Automation muss verständlich sein, ansonsten wird sie nicht genutzt.“* Die Frage erschien als schwer zu messen. Der Autor dieser Arbeit beobachtete die Benutzung der Automation in Teil 3 und versuchte bei Bedarf im Interview auf den Aspekt hinzuwirken. Hilfsweise wurde zudem das Konstrukt der SA in Teil 4 sowohl mit einem objektiven als auch einem subjektiven Messverfahren erhoben. Die SA bezog sich dabei auf die Gesamtsituation, da eine Abgrenzung für die Teilnehmer eventuell schwierig sein könnte. Mittels der Gruppeneinteilung wurde versucht zu evaluieren, ob sie durch die Nutzung von Automation sinken würde.

Die Ergebnisse in Bezug auf die Untersuchungen werden in Abschnitt 11.2 beschrieben.

### 11.1.3 Evaluationsszenario

Für die Evaluation wurde ein Szenario gewählt, das einem typischen MANV entspricht. Der inszenierte MANV findet an einer Bahnstrecke in Ratekau (nördlich von Lübeck) statt, da Bahnunfälle ein typisches Szenario sind und MANV-Ereignisse diverser Größen realistisch erscheinen lassen (siehe Abschnitt 1.4.3). Während in der Systemeinführung die Verletzten generiert werden (siehe Abschnitt 10.4.4), sind sie in den Evaluationseinstellungen für die produktive Systembenutzung in Position und Sichtungsverlauf genau festgelegt, sodass der Verlauf für alle Evaluationsteilnehmer identisch ist. Damit hängt die Entwicklung des MANV lediglich von den Entscheidungen und Aktionen des jeweiligen OrgL ab. Für die Untersuchungen wird ein MANV

der Stufe 2 gemäß der in Abschnitt 1.1 beschriebenen Einteilung (11-25 Verletzte) mit 24 Verletzten (8 rot, 3 gelb, 13 grün) simuliert, teilweise ändert sich die Kategorie in der notärztlichen Sichtung noch – insbesondere erhalten 2 Patienten eine TP (siehe Abschnitt 5.2.3).

Als Startzeitpunkt für die Evaluation wird der Eintreffzeitpunkt des OrgL gewählt, der passend zur Analyse (siehe Abschnitt 4.2.2) mit 25 Minuten angenommen wird. Die Initialmeldung „Stufe 0 (3-6 Verletzte)“ ist noch gültig und dem OrgL bekannt, eine Rückmeldung der Situation an die Leitstelle durch die VEL (fälschlich) nicht erfolgt. Zum Startzeitpunkt sind 4 Fahrzeuge vor Ort, die bereits die Aufgaben der VEL (1 RTW), der Vorsichtung beziehungsweise Sichtung (2 RTWs, 1 NEF) und der Behandlung im Schadensgebiet wahrnehmen. Zudem sind noch 3 RTWs und 1 NEF auf Anfahrt. 17 der Verletzten sind bereits vorgesichtet. Entsprechend der Verletztzahl sind (deutlich) noch nicht genügend Fahrzeuge auf dem Weg zum Einsatzort.

#### 11.1.4 Evaluationskonzept

Das Konzept für Evaluationen im Präsenzformat wurde entsprechend der Grundstruktur erstellt und mit Mitarbeitern des IMIS besprochen, die in psychologischen und software-ergonomischen Evaluationen erfahren gewesen sind. Ursprünglich war vorgesehen, dass die Evaluationsteilnehmer auf einem Tablet vom Typ Acer Switch 3 evaluieren sollten, das auch in der Entwicklung fortlaufend genutzt wurde. Die Benutzung sollte dabei beobachtet und – ein Einverständnis vorausgesetzt – auf Video aufgezeichnet werden. Die Fragebögen waren auf Papier vorgesehen. Die beginnende Corona-Pandemie erforderte Änderungen. So wurde das Gerät zu einem Laptop geändert, da dieser im Gegensatz zum Tablet eine Desinfektion der Berührflächen (Tastatur und Maus) ermöglichte und zudem aufgrund eines größeren Bildschirms und eines definierten Winkels des Bildschirms die Beobachtung auf Abstand ermöglichte. Die Papiere und Fragebögen sollten im Voraus in Reihenfolge mit Deckblättern auf dem Tisch platziert werden, sodass ein Abstand zwischen Evaluationsleiter und Teilnehmer ständig einhaltbar gewesen wäre.

Die Evaluation beinhaltete mehrere Phasen. Nach gründlicher Besprechung und Probe des Evaluationskonzepts mit Kollegen aus dem Institut wurden

- eine Vorabevaluation mit Rettungsdienstpersonal ohne OrgL-Qualifikation,
- anschließend eine Evaluation mit zwei OrgL und
- im Anschluss die Evaluation mit weiteren OrgL durchgeführt.

Die Vorabevaluation diente lediglich der Überarbeitung des Evaluationskonzepts und der Identifizierung von Fehlern und Unzulänglichkeiten (z.B. unklaren Bezeichnungen) in der Anwendung. Sie wurde im September 2020 planmäßig in Präsenz mit einem NotSan durchgeführt. Anschließend wurden Anwendung und Evaluationskonzept final überarbeitet. In Bezug auf die

Anwendung wurden neben Fehlerbehebungen vor allem Aspekte der Gebrauchstauglichkeit verbessert. Dazu gehört die Reihenfolge der Fahrzeuge und Vorauswahl in Dialogen, sowie die Aufnahme der Behandlungs- und Transportzuweisung im Patientenmodul.

Die nachfolgende Evaluation mit zwei OrgL war terminlich von den restlichen Evaluationen abgegrenzt, um bei größeren Problemen anschließend abrechnen und Anpassungen vornehmen zu können. Sie war terminlich für Ende Oktober 2020 angesetzt, konnte aber nicht mehr in Präsenz stattfinden. Da eine Verschiebung terminlich unabwägbar war, wurde das Evaluationskonzept nach längeren Überlegungen und mehrfacher Rücksprache mit den OrgL auf ein Online-Format angepasst. Für das Evaluationsgespräch wurde Webex Meetings als von der Universität bereitgestelltes Videokonferenzsystem mit der Ausfallebene Telefonie vorgesehen. Die Anwendung wurde den Teilnehmern per Fernzugriff auf einem Laptop der Universität mittels der für diesen Zweck weit verbreiteten Software „TeamViewer“ bereitgestellt. So konnte der Evaluationsleiter weiterhin den Start und das Beenden des Programms zu festgelegten Zeitpunkten durchführen und nach Rückfrage den Bildschirm aufzeichnen (anstelle einer Videoaufzeichnung der Benutzung). Gleichzeitig konnte auf eine Installation von Software (neben dem zu testenden System unter anderem Java) auf dem Gerät der Teilnehmer verzichtet werden.

Schließlich wurden die Evaluationserklärung sowie alle Fragebögen digital abgebildet mit der institutseigenen LimeSurvey-Plattform. Das Online-Evaluationskonzept ist am Institut mit anderen Mitarbeitern besprochen, finalisiert und mit einem Mitarbeiter komplett getestet worden. Anschließend wurden im Dezember 2020 die Evaluationen mit zwei OrgL durchgeführt. Da es keine größeren Probleme gab, wurden die Evaluationen im Januar 2021 direkt fortgesetzt.

### 11.1.5 Evaluationsteilnehmer

Das Online-Evaluationsformat wurde insgesamt mit 18 Evaluationsteilnehmern durchgeführt, die alle der Verwendung der Ergebnisse zugestimmt haben. 17 der Teilnehmer gaben einen Wohnort in Schleswig-Holstein an, einer in Niedersachsen. Die Teilnehmer waren in unterschiedlichen Rettungsdiensten in Schleswig-Holstein (n=16) und Niedersachsen (n=2) aktiv.

Das Alter der Teilnehmer lag zwischen 27 und 60 Jahren (M: 42,9), 17 der Evaluationsteilnehmer waren männlich. Mit Bezug auf die Benutzeranalyse in Abschnitt 3.3 lässt sich die Auswahl als durchaus typisch für eine Gruppe von OrgL bewerten. Die dort aufgestellte These, dass Frauen in der Rolle selten sind, wurde auch von der einzigen Frau in der Evaluation bestätigt, die im Kontext der einführenden Besprechungen von sich aus erwähnte, dass es in Führungspositionen im Rettungsdienst kaum Frauen gäbe. Für den Rettungsdienst insgesamt schätzte sie die Frauen-Männer-Quote auf 40/60, bei Auszubildenden umgekehrt (vergleiche Abschnitt 3.3).

Bezogen auf die Gruppen lag das Durchschnittsalter bei denjenigen Evaluationsteilnehmern, die das System anfangs ohne Automation nutzen, bei 45,4; bei der anderen Gruppe bei 40,4. Die Verteilung war aufgrund der abwechselnden Gruppenvergabe zufällig.

## 11.2 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Evaluation dargestellt. Thematisiert sind zuerst die Technikaffinität (siehe Abschnitt 11.2.1) und Gebrauchstauglichkeit (siehe Abschnitt 11.2.2). Es folgen die Ergebnisse zur Effektivität und Effizienz (siehe Abschnitt 11.2.3), zur Situation Awareness (siehe Abschnitt 11.2.4) und abschließend zur Automation (siehe Abschnitt 11.2.5).

### 11.2.1 Technikaffinität

Die Technikaffinität der Teilnehmer kann einen wesentlichen Einfluss auf die Evaluation haben. Sie erfasst laut Wessel (2021) die „*Einstellung (Anziehungskraft) einer Person zu Technologie*“ und wirkt sich damit auf das Interesse und die Akzeptanz aus. Zur Erfassung der interaktionsbezogenen Technikaffinität wurde der ATI-Fragebogen von Franke, Attig und Wessel (2018) verwendet. Dieser nutzt eine Skala von 1 bis 6, die den Grad der Technikaffinität angibt.

Insgesamt ergibt sich über alle Fragebogen-Items ein Mittelwert von 4,32 ( $n=18$ ,  $SD=0,72$ ). Gruppe 1 erreichte einen Mittelwert von 4,19 ( $n=9$ ,  $SD=0,72$ ), Gruppe 2 von 4,44 ( $n=9$ ,  $SD=0,74$ ). Die Datenqualität wurde mit dem Statistikwerkzeug R (Paket „psych“) berechnet. Es ergibt sich ein Cronbachs-Alpha-Wert von 0,82. Dieser Wert kann als gut interpretiert werden, da er recht hoch, aber auch nicht zu hoch gemäß Streiner (2003) ist. Mit einem t-Test lässt sich feststellen, dass der Mittelwert von 4,32 signifikant über dem Mittelwert der Skala von 3,5 liegt ( $t=4,83$ ,  $df=17$ ,  $p=.0002$ ). Somit können die Evaluationsteilnehmer als eher technikaffin eingeordnet werden.

### 11.2.2 Gebrauchstauglichkeit

Die Gebrauchstauglichkeit wurde mit dem Fragebogen „ISONORM 9241/110-S“ erhoben (Pataki, Sachse, Prümper & Thüning, 2006). Dieser ist (wie das „S“ indiziert) eine Kurzversion mit 21 Fragen, der auf einer längeren Version basiert (Prümper & Anft, 1993; Prümper, 1997). Alles in allem ergibt sich auf einer Likert-Skala vom Negativpol 1 (---) zum Positivpol 7 (+++) ein Mittelwert von 5,4 ( $n=18$ ,  $SD$  über Mittelwerte 0,54,  $SD$  über alle Antworten 1,06). Dieser Mittelwert liegt gemäß einem t-Test deutlich signifikant über dem Mittelwert der Skala ( $t=11,095$ ,  $df=17$ ,  $p=3,3e-09$ ). Eine Korrelation mit den Werten zur Technikaffinität lässt sich nicht ableiten,

da die Signifikanz unter der Verwerfungsgrenze von meist 0,05 liegt (Pearson-Korrelationskoeffizient 0,32,  $p=0,19$ ). Die Bewertung der einzelnen Dialoggrundsätze liegt durchgängig zwischen 5,1 und 5,7, wie die blauen Balken in Abbildung 54 veranschaulichen. Damit liegen alle deutlich im positiven Bereich, zeigen aber auch Verbesserungspotential auf.

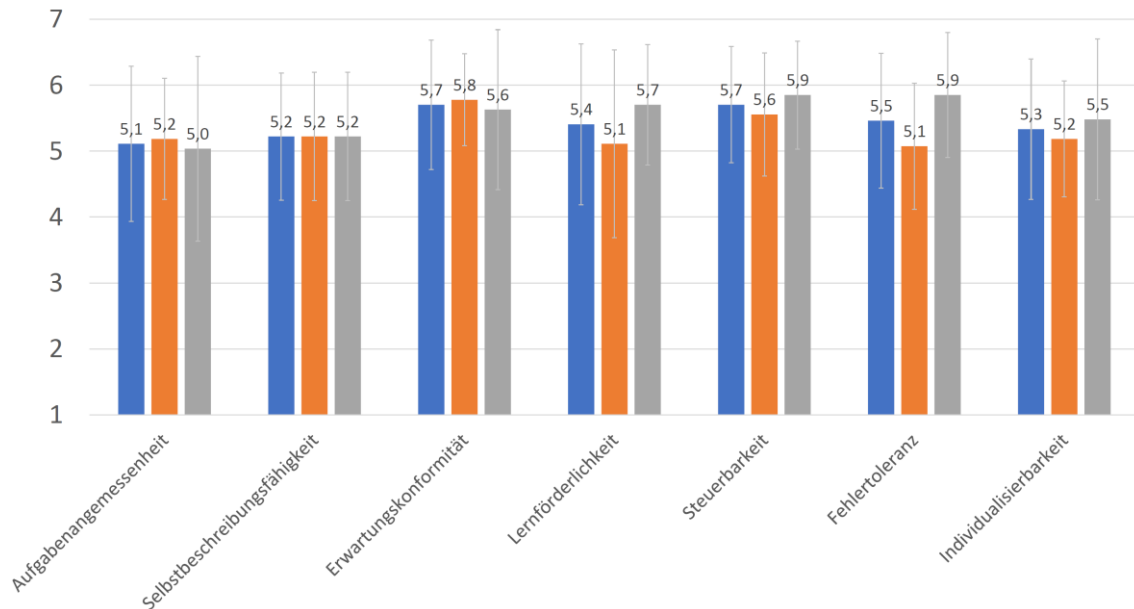


Abbildung 54: Ergebnisse des ISONORM-Fragebogens bezüglich der Dialoggrundsätze. Die blauen Balken zeigen das Gesamtergebnis über alle Teilnehmer ( $n=18$ ). Der orangene Balken ist das Ergebnis für die Teilnehmer, die die Anwendung zuerst ohne und dann mit Automation verwendet haben, der graue Balken für die andere Gruppe (je  $n=9$ ). Neben dem Mittelwert ist die Standardabweichung eingezeichnet.

Wie der Abbildung zu entnehmen ist, sind die Gebrauchstauglichkeitswerte in den Gruppen ohne und mit Automation nahezu beieinander und lassen keine gesicherten Rückschlüsse auf den Einfluss der Automation zu. Zum Teil gibt es große Standardabweichungen. Es fällt auf, dass die Teilnehmer, die mit Automation gestartet haben, die Lernförderlichkeit und Fehlertoleranz besser bewertet haben als die andere Gruppe – statistisch signifikant ist das allerdings nicht. Insgesamt lässt sich sagen, dass die Anwendung als gut mit kleinen Mängeln bewertet wird, wobei sie über die Dialoggrundsätze hinweg keine größeren Schwächen zeigt. Werden einzelne Items betrachtet, so ergibt sich ein ähnliches Bild. Die am niedrigsten und höchsten bewerteten Items sind (die negative Aussage (kursiv) entspricht Wert 1, die positive Wert 7):

- Die Software erfordert *überflüssige*/keine überflüssigen Eingaben: 4,9.
- [Sie] lässt sich [*nicht*] durchgehend nach einem einheitlichen Prinzip bedienen: 6,2.
- [Sie] ermöglicht [*k*]einen leichten Wechsel zwischen einzelnen Menüs oder Masken: 6,2.

Im Interview wurde die Gebrauchstauglichkeit mit den Fragen, was an der Anwendung gut sei und was verbessert werden sollte, thematisiert. Dabei ist aufgefallen, dass einigen der Teilnehmer

Fachbegriffe der Informatik bekannt waren. So wurde von einem Teilnehmer auf die Frage, was an der Anwendung noch verbessert werden sollte, speziell die „Usability“ (englisch für Gebrauchstauglichkeit) angesprochen. So müsse man sich manchmal durch zu viele Menüansichten klicken und es fehle eine Gesamtübersicht: *„Patienten, Rettungsmittel, Krankenhäuser, ist das alles grün?“*. Passend dazu hat dieser Teilnehmer [5]<sup>62</sup> die Gebrauchstauglichkeit auch im Fragebogen mit dem schlechtesten Wert (4,6) bewertet. Gegensätzlich hat ein anderer Teilnehmer [6] die *„sehr gute Übersichtsstruktur“* des Systems erwähnt und begründet: *„Man kann über diese verschiedenen Reiter die wichtigsten Positionen des Einsatzes bestmöglich im Blick behalten.“* Ähnlich äußerten sich weitere Teilnehmer, teils ebenfalls bezüglich der Anzahl der Module und Reiter [10,14,18], aber auch im Allgemeinen zur Übersichtlichkeit [7,14,16] oder in Bezug auf die *„grafische Oberfläche“* [11] beziehungsweise die *„Bedienphilosophie“* [15]. Das FUS sei schnell zu erlernen [7], beziehungsweise *„einfach und intuitiv [16] bis hin zu vertraut: „Das jetzige Programm hat eine relativ gute Haptik, denke ich, man guckt da rein und hat relativ schnell das Gefühl, man kennt es, es kommt einem vieles bekannt vor, die Elemente, es ist vertraut“* [13]. Im Gegensatz zu diesen allgemeinen Programmbewertungen fokussierten die Verbesserungsvorschläge auf konkrete, oft kleinteilige Probleme. So wurde etwa eine Mehrfachzuteilung von Patienten auf Fahrzeuge im Transportmodul vorgeschlagen.

### 11.2.3 Effektivität und Effizienz

Die Effektivität und Effizienz der Systemlösung und insbesondere der Einfluss der Automation sind im Rahmen der durchgeführten Evaluation mit objektiven Maßen schwer und nicht ohne mögliche Störeinflüsse zu erheben. Ein Ansatz dafür wird im Folgenden vorgestellt. Anschließend wird ein Überblick über subjektive Äußerungen der Teilnehmer im Interview gegeben.

Zur Messung der Effektivität und Effizienz liegt es nahe, die Aktionen während des ersten Systemdurchlaufs und den resultierenden Zustand zu bewerten. Dafür wurde als erstes geprüft, welche Strategie die Teilnehmer für die Bearbeitung des MANV gewählt haben. Folgende Strategien konnten identifiziert werden, wobei bei einem Teilnehmer keine Strategie erkennbar gewesen ist:

- A1: Raumordnung mit zwei oder mehreren PA, dann oder dazwischen Soforttransporte
- A2: Raumordnung mit einer PA, dann Soforttransporte
- A3: Raumordnung mit einer oder mehreren PA, zudem Einrichtung eines BHPs, dann oder dazwischen Soforttransporte
- B: zuerst Soforttransporte, dann eine oder mehrere PA

---

<sup>62</sup> Die Zahl in eckigen Klammern ist hier und nachfolgend eine Teilnehmernummer, die die anonyme Zuordnung von Aussagen zu Teilnehmern zulässt.

- C: nur Transporte ohne PA

Die Strategien lassen sich weiter ausdifferenzieren, etwa in Bezug auf die Anzahl der Fahrzeuge zur Behandlung am Schadensort. Eine genaue objektive Berechnung ist angesichts der Vielzahl an Strategien kaum möglich. Auch die Bewertung der Strategien ist schwierig. So hat Strategie C dazu geführt, dass Schwerverletzte schnell in ein Krankenhaus transportiert werden konnten. Dafür wurde die Behandlung am Schadensort entgegen den Analysen in Abschnitt 5.2.3 vernachlässigt. Im Gegensatz dazu hat ein OrgL versucht, die Faustregeln schon am Schadensort zu erfüllen, indem er dort 6 RTWs für die Patienten der SK 1 und 2 hingesendet hat. Klare Qualitätsmesskriterien fehlen, auch da die Strategien je nach Rettungsdienst und MANV-Konzept variieren. In Bezug auf die Lehrmeinung sollten die Strategien A1 und A2 am besten passen, wobei die Anzahl der PA von den Dienstanweisungen des Rettungsdienstbereichs abhängt (vergleiche Abschnitt 4.1.3). Für Teilnehmer, die sich lange orientieren, ist abweichend jedoch Strategie B passend, da dann viele Fahrzeuge vor Ort sind. Die Ja-Nein-Vorschläge der Automation für das gegebene Evaluationsszenario ergeben die Strategie A2.

Die Ergebnisse sind durch weitere Faktoren beeinflusst. So kamen die Evaluationsteilnehmer aufgrund der bezogen auf die Komplexität geringen Einarbeitungszeit unterschiedlich gut mit der Anwendung zurecht und der Zeitfaktor 1:5 bewirkte, dass nicht alle Fahrzeuge verteilt werden konnten, was die wenige Schritte erfordernde Strategie C bevorteilte. Auffällig war, dass die Erstellung von PA bei mehreren Teilnehmern viel Zeit in Anspruch genommen hat, da sie diese mit langen Bezeichnungen benannt haben (zum Beispiel Straßennamen wie „Grüner Weg“ oder Kartenzeichen wie „Schneckenhäuschen“). Teils wurde dafür die Erstellung eigens abgebrochen, da der Dialog den Straßennamen verdeckt hatte, oder die PA nachträglich noch einmal umbenannt. Einige andere OrgL verwendeten dagegen – wie auch die Automaten – generische Bezeichnungen wie „PA 1“ [6] oder „wagen1“ [17].

Um über alle Strategien ein Bewertungskriterium für die Effizienz zu erhalten, wurde ein Punktesystem etabliert, bei dem jeweils ein Punkt für folgende Aktionen gegeben wird:

- 2 Strukturen eingerichtet
- 2 Fahrzeuge der Behandlung im SG zugewiesen
- 2 Fahrzeuge zur Führung oder Behandlung an PA oder BHP zugewiesen
- 2 Patienten in ein Krankenhaus, zu einer PA oder einem BHP transportiert

Die Anzahl der Punkte auf einer Skala von 1-5 gibt damit unabhängig von der Strategie einen Fortschritt an, der als Teil der Effizienz gesehen werden kann. Die Ergebnisse verdeutlicht Tabelle 24.

Gruppe	Strategien	Fortschritt bezogen auf Teilnehmer (Anzahl Automationsnutzung)
Ohne Automation	A1: 3 TN	3, 3, 3
	A3: 2 TN	1, 1
	B: 1 TN	2
	C: 2 TN	3, 4
	unklar: 1 TN	1
Mit Automation	A1: 3 TN	2 (3x), 4 (7x), 5 (1x)
	A2: 3 TN	1 (0x), 3 (6x), 5 (11x)
	A3: 1 TN	5 (8x)
	B: 2 TN	1 (3x), 2 (0x)

Tabelle 24: Gewählte Strategie, aufgeteilt in die Gruppen mit und ohne Automationsbenutzung. In der rechten Spalte wird der Fortschritt sowie in Klammern die Anzahl der Automationsnutzung je Teilnehmer angegeben.

Insgesamt ergibt sich ein Fortschritt von 21 ( $d = 2,34$ ) bei der Gruppe der Teilnehmer ohne Automation und 28 ( $d = 3,11$ ) bei der Gruppe mit Automation. Der Unterschied ist nicht signifikant ( $t=1,15$ ,  $df=13,87$ ,  $p=0,27 > 0,05$ ), er bleibt also eine Beobachtung. Teilnehmer, die die Automation gar nicht verwendet haben, obwohl sie durften, liegen unterhalb des Durchschnitts. Gleichzeitig gibt es aber in beiden Gruppen auch Teilnehmer, die ohne oder mit wenig Automationsnutzung einen guten Fortschrittwert erlangt haben. In Bezug auf die Effektivität hat die Gruppe mit Automation tendenziell eher eine Strategie gemäß der Analyse gewählt. So haben etwa alle dieser Teilnehmer eine oder mehrere PA vorgesehen.

## 11.2.4 Situation Awareness

Für die Situation Awareness gibt es unterschiedliche Messverfahren. Durso und Alexander (2010) teilen diese in subjektive Methoden, explizite Abfragen und implizite Leistung ein, wobei die letztgenannte Kategorie in dieser Arbeit der Untersuchung von Effektivität und Effizienz mit dem Fortschrittwert entspricht (siehe Abschnitt 11.2.3). Bei den subjektiven Methoden bewerten die Befragten ihre eigene SA (Durso & Alexander, 2010). Ein Beispiel ist die „Situation Awareness Rating Technique“ (SART) von Taylor (1990) mit zehn Dimensionen etwa zur Konzentration oder Instabilität der Situation und einer siebenpoligen Skala von „low“ bis „high“. Die bekannteste Methode der expliziten Abfragen ist die von Endsley im entwickelte „Situation Awareness

Global Assessment Technique“ (SAGAT), die auch im Kontext der Automation beschrieben ist (Endsley, 1988; Endsley, 2000). Sie beruht darauf, einen simulierten Prozess plötzlich zu stoppen und dem Benutzer vordefinierte Fragen zum Prozesszustand zu stellen. Sowohl SART als auch SAGAT wurden initial im Bereich der Luftfahrt entwickelt.

In dieser Arbeit wurde als subjektive Methode ein selbst erstellter Fragebogen mit fünf Fragen verwendet, der als Teil 4 der Evaluation direkt nach der produktiven Systembenutzung ohne beziehungsweise mit Automation ausgefüllt wurde. Die erste Frage gilt der Wahrnehmung der Situation, die zweite dem Verständnis und die dritte der Projektion, womit sie an das SA-Modell von Endsley (1995, siehe Abbildung 18) angelehnt sind. Die weiteren Fragen betreffen die Planung und Kontrolle und sind damit eher systembezogen. Die Skala reicht von „stimmt gar nicht“ (1) bis „stimmt völlig“ (6). Des Weiteren wurden angelehnt an SAGAT explizite Fragen gestellt, etwa nach der Anzahl der Patienten vor Ort.

Die Ergebnisse des Fragebogens zur SA sind in Abbildung 55 dargestellt. Sie unterscheiden sich laut t-Test zwischen den Teilgruppen nicht signifikant ( $p=0.44 > 0.05$ ), wobei das Ergebnis der Gruppe mit Automation bei den ersten drei Fragen etwas unterhalb der anderen liegt. Insgesamt stimmten die Teilnehmer zu, eine passende SA zu haben, wenn auch nicht völlig, denn die ersten vier Fragen werten zwischen 4,8 und 5,2 aus. Die volle Kontrolle sahen die Teilnehmer dagegen nur teilweise, aber eher, bei sich (Wert 4,1). Ein Cronbachs-Alpha-Wert von 0,77 zeigt an, dass die Skala eine akzeptable Reliabilität dafür hat ein Gesamtkonstrukt, hier mutmaßlich die SA, zu messen. Der Gesamtmittelwert liegt bei 4,82 ( $n=18$ ,  $SD=0,59$ ). Zwischen SA und ISONORM-Wert, wie auch dem Wert der Technikaffinität lässt sich keine signifikante Korrelation ableiten.

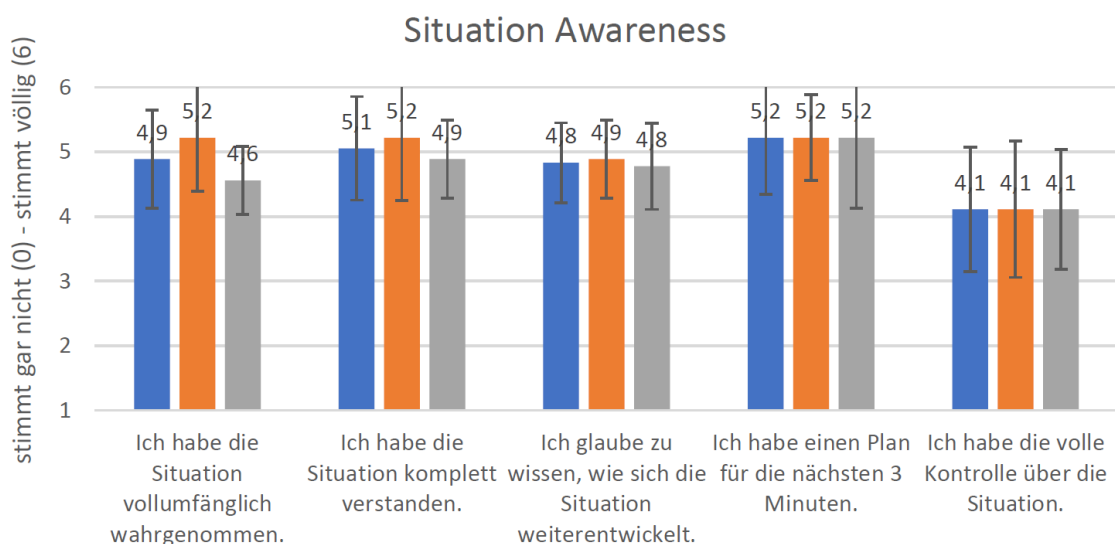


Abbildung 55: Ergebnisse des Fragebogens zur Situation Awareness. Die blauen Balken zeigen das Gesamtergebnis über alle Teilnehmer ( $n=18$ ), die orangenen Balken das Ergebnis für die Teilnehmer ohne Automation, die grauen mit Automation (je  $n=9$ ). Außer dem Mittelwert ist die Standardabweichung eingezeichnet.

Die SAGAT-Methodik zeigt auf, dass am Ende der Systemnutzung kein Teilnehmer die Aufteilung der Patienten in die Sichtungskategorien richtig wiedergeben konnte. 4 Teilnehmer (davon 3 ohne Automationsnutzung) hatten unter 3 Fehler. 5 Teilnehmer (davon 3 o. A.) machten 4 oder 5 Fehler, weitere 4 (davon 2 o. A.) bis zu 10. Die anderen 5 (davon 1 o. A.) konnten nur unvollständige oder gar keine Angaben machen. Drei davon konzentrierten sich auf die Schwerverletzten, einer meinte, das System erspare das Merken von Zahlen. Die Gesamtzahl der Patienten konnten 8 Teilnehmer korrekt nennen (davon 5 o. A.), darunter einer, der bei den Einzelzahlen keine Angabe machen konnte. Zwei Teilnehmer (beide o. A.) lagen um bis zu 3 Patienten daneben, 4 Teilnehmer (davon 1 o. A.) um 5. 4 Teilnehmer (davon 1 o. A.) konnten oder wollten keine Angabe machen. Die Angaben zur Anzahl der Patienten auf dem Weg ins Krankenhaus waren bei fast allen Teilnehmern richtig, wobei 8 Teilnehmer diesen Zustand noch nicht erreicht hatten. Die Anzahl der Fahrzeuge vor Ort schätzten nur wenige Teilnehmer gut ein, die Angabe schien ihnen weniger wichtig zu sein, solange es „*mehr als gebraucht werden*“ sind, einer sprach auch von „*unnötigem Wissen*“. Alles in allem ergibt sich das Bild, dass die Teilnehmer ohne Automationsnutzung bessere Ergebnisse in den Messungen aufwiesen. Dieses kann als Indiz gewertet werden, dass die SA durch die Automation abnimmt. Ein anderer Erklärungsansatz in Kombination mit den Ergebnissen zur Effektivität und Effizienz könnte sein, dass die Automation den Fokus auf die schwer verletzten Patienten lenkt. Die SAGAT-Ergebnisse bilden daher einen Ansatzpunkt für weitere Untersuchungen mit unterschiedlichen simulierten Situationen und ohne Zeitfaktor in der Simulation.

Aus den Interviews lässt sich ableiten, dass viele Teilnehmer an der Anwendung schätzten, dass sie eine Übersicht oder einen Überblick verschaffen könne [1,7,10,12,14,16], und das schnell [5,6], „*verständlich nach kurzer Einführung*“ [18] und übersichtlicher als Papier [8]. Ein Teilnehmer erwähnte den Effekt der Echtzeitfähigkeit als positiv [2]. Die Kritik bezüglich der Wahrnehmung war überschaubar. Ein Teilnehmer schränkte ein, die Anwendung sei „*zum größten Teil übersichtlich*“ [9], einer meinte, die Lageinfos seien noch zu verbessern [4]. Aus den Interviews wird ferner klar, dass es den OrgL wichtig ist, dass sie die Kontrolle behalten, prägnant ausgedrückt mit „*ich möchte nicht, dass KI das übernimmt*“ [15]. Von einigen wurde in diesem Zusammenhang auch die Verantwortung genannt [14,17,18]. Die Stufe der Ja-Nein-Vorschläge wird insgesamt als in Ordnung in diesem Zusammenhang gesehen. Als Risiken von Automation in Bezug auf die SA wurden gesehen, dass man sich eventuell zu leicht auf die Automation verlasse und dadurch Kontrolle abgäbe [3,6,12] oder nicht erkenne, wenn die Automation aufgrund von Sonderfällen nicht gut funktioniere, falls nicht darauf ausgelegt [4,8] oder im Terrorfall gehackt [17]. Ferner wurde erwähnt, dass Konzentration für den Einsatz verloren gehen könne [7]. Es wurden jedoch überwiegend positive Aspekte genannt. So könne die Automation unterstützen

[2,7,13,15], entlasten [4], Stress reduzieren [5], die Konzentration auf das Wesentliche lenken [6,14] und „*Fixierungsfehler verhindern*“ [17].

### 11.2.5 Automation

Alle Teilnehmer haben die Anwendung im Gesamtablauf der Evaluation 6 Minuten ohne Automation sowie mit Ja-Nein-Vorschlägen genutzt und mit verkürzter Dauer die anderen beiden Automationsstufen ausprobiert (siehe Abschnitt 11.1.2). Im Anschluss an die gesamte Systembenutzung folgte ein Fragebogen, in dem die Automationsstufen für unterschiedliche Aufgaben in Bezug auf ihre Schädlichkeit (Skalenpol -3) beziehungsweise Nützlichkeit (Skalenpol +3) im Vergleich zur manuellen Bearbeitung bewertet werden sollen. Dabei ließ er auch einen neutralen Mittelwert (Skalenwert 0) zu. Die Aufgaben passen zur Analyse (siehe Abschnitt 5.2.2):

1. Leitstellenmeldung an erwartete tatsächliche Patientenzahl anpassen,
2. Fahrzeug mit der Vorsichtung beauftragen,
3. Fahrzeug mit der Behandlung an einem Ort beauftragen,
4. NEF mit Sichtung/Behandlung an einem Ort beauftragen,
5. Transport eines Patienten der SK 1 und 2 an eine PA,
6. Begleitung mehrerer Patienten der SK 3 an eine PA,
7. Soforttransport eines Patienten mit Transportpriorität ins Krankenhaus,
8. Transport eines Patienten ins Krankenhaus, sobald Transportstopp vorbei ist,
9. Personal zur Führung an PA / BHP / BSR senden,
10. Personal an PA abhängig von Patientenzahl erhöhen oder reduzieren und
11. Einrichtung von PA / BHP / BSR, so lange zu wenige vorhanden.

Die Ergebnisse werden in Abbildung 56 veranschaulicht und sind bereits von Berndt und Herczeg (2021) publiziert. Über alle Aufgaben gerechnet ergibt sich ein Durchschnittswert von 1,79 für die Empfehlungen, 2,06 für die Ja-Nein-Vorschläge und -0,38 für die Vollautomation. Der Unterschied zwischen Empfehlungen, wie auch Ja-Nein-Vorschlägen in Bezug zur Vollautomation ist signifikant ( $t=4,64$ ,  $p=5.20e-5$  bzw.  $t=5,18$ ,  $p=1.05e-5$ ), der zwischen Empfehlungen und Ja-Nein-Vorschlägen knapp nicht ( $t=-0,62$ ,  $p=0,54 > 0.05$ ). Damit werden sowohl die Empfehlungen als auch die Ja-Nein-Vorschläge im Durchschnitt als tendenziell nützlich wahrgenommen. Bei der Vollautomation resultiert die Nähe zum neutralen Mittelpunkt oftmals daraus, dass es sowohl Bewertungen im schädlichen als auch nützlichen Bereich gab, wie die hohen Standardabweichungen anzeigen. Allgemein lässt sich schlussfolgern:

- Die Bewertungen für die Empfehlungen und Ja-Nein-Vorschläge ähneln sich tendenziell. Den größten Unterschied (ohne statistische Signifikanz) gibt es bei der Begleitung

mehrerer Patienten der SK 3 an eine PA (Aufgabe 6). Es lässt sich vermuten, dass hier die manuelle Zuweisung als zu aufwändig angesichts der meist hohen Zahl an Patienten der SK 3 und deren geringer Priorität gesehen wird (siehe Abschnitt 1.1).

- Die Bewertung der Vollautomation lässt sich nicht aus der Bewertung der anderen Stufen ableiten. Während Vollautomation bei frühen Transportaufgaben im Allgemeinen eher als schädlich wahrgenommen wird (Aufgaben 5-7), gibt es bei späteren Transporten eine leichte Tendenz in den nützlichen Bereich (Aufgabe 8). Als eher schädlich wird sie bei der Einrichtung von räumlichen Strukturen (Aufgabe 11) wahrgenommen; als relativ nützlich bei der Anpassung der Meldung an die Leitstelle (Aufgabe 1). Alle Werte sind allerdings nahe dem neutralen Mittelwert. Es ist anzumerken, dass der Begriff der „Vollautomation“ von den Teilnehmern als negativ gewertet worden sein könnte, wenn sie darunter den Computer als Ersatz für die eigene Rolle gesehen haben. Er war allerdings sinnvoll und nötig, um das Automationsspektrum aufzuzeigen und hat in den oben genannten Aufgaben Ansatzpunkte für weitere Untersuchungen gebracht.
- Relativ schlechte Werte für alle Automationsstufen erhält die Aufgabe des Transports eines Patienten der SK 1 und 2 an eine PA (Aufgabe 5). Der Autor führt das darauf zurück, dass zumindest bei Patienten der SK 1 ein direkter Transport ins Krankenhaus erwogen werden kann, wenn genügend Rettungsmittel zur Verfügung stehen.

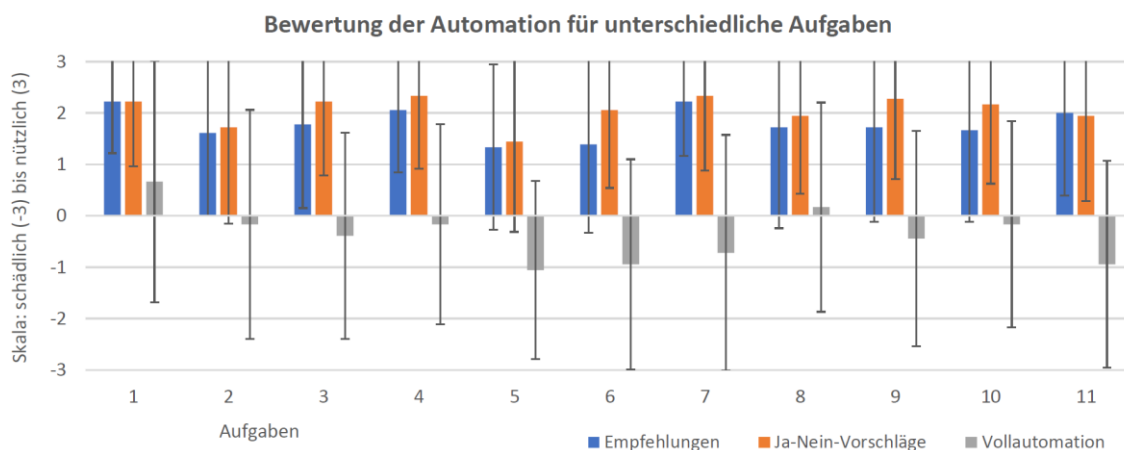


Abbildung 56: Ergebnisse des Fragebogens zur Bewertung der Schädlichkeit bzw. Nützlichkeit der Automation für verschiedene Aufgaben (n=18). Die Zahlen entsprechen der Zuordnung der Aufgaben im Abschnitt 11.2.5. Die blauen Balken zeigen das Ergebnis bezüglich der Stufe der Empfehlungen, die orangenen zu den Ja-Nein-Vorschlägen und die grauen bezüglich der Vollautomation mit Informationsnachricht.

Bei Betrachtung der einzelnen Gruppen fällt auf, dass beide Gruppen Empfehlungen und Ja-Nein-Vorschläge ähnlich bewerten (daher ohne Abbildung). Die Gruppe, die den ersten Durchlauf mit den Ja-Nein-Vorschlägen absolviert hat, bewertet anscheinend die Vollautomation kritischer, eine statistische Signifikanz ergeben die Daten jedoch nicht. In Bezug auf die Einzelteilnehmer lässt

sich sagen, dass ein Teilnehmer fast alle Aufgaben und Stufen mit -3 bewertet hat (27 von 33, Durchschnitt -2,36)<sup>63</sup>. Ganz abgetan war jedoch auch diese Person nicht, denn im Interview meinte sie: „Die Idee der Empfehlung finde ich gut“ [1]. Alle anderen Teilnehmer landen über alle Items gerechnet im Durchschnitt im positiven Bereich (4 zwischen 0 und 0,99; 9 zwischen 1 und 1,99 und 4 zwischen 2 und 3).

Die Auswertung der Interviews ergab Hinweise zum Stufenwechsel. Sechs von 18 Evaluationsteilnehmern meinten, dass auf eine stufenbasierte Automation verzichtet werden sollte. Zwei davon schlugen vor, im Vorfeld (z.B. nach Rettungsdienstbereich) zu definieren, dass einige Aufgaben mit Empfehlungen und andere mit Ja-Nein-Vorschlägen berücksichtigt werden sollten, drei präferierten bereits eine Automationsstufe oder meinten, dass eine festzulegen sei. Ein Teilnehmer schlug vor, die Automation nach Rolle festzulegen, sodass die VEL eine hohe Automationsstufe erhalte und die ELRD eine niedrigere. Die anderen zwölf Teilnehmer fanden den Wechsel der Stufe sinnvoll oder sogar notwendig mit unterschiedlichen Begründungen:

- *Zeitlicher Ablauf:* Zwei Teilnehmer meinten, eine anfangs höhere Automationsstufe könnte helfen, schnell Struktur in den Einsatz zu bringen und die Chaosphase kurz zu halten. Gegenteilig sagten zwei andere Teilnehmer, dass die Automationsstufe im späteren Verlauf erhöht werden sollte, etwa bei der Transportorganisation. Für beide Aussagen gab es die Meinung, dass das Spektrum bis zur Vollautomation helfen könne.
- *Erfahrungsstand:* Zweimal gab es die Meinung, dass gerade unerfahrene Führungskräfte von höheren Stufen profitieren könnten. Ähnlich wurde genannt, dass ein Stufenwechsel auf die Vollautomation helfen könne, wenn der Benutzer „ins Schlingern gerät“, diese mache dann „alle Wege wieder auf“.
- *Situationsabhängig:* Von zwei Teilnehmern wurde die Reaktion auf die Situation und die Rahmenbedingungen als Argument für den Stufenwechsel aufgeführt, einer davon sah auch die Vollautomation für bestimmte Situationen als sinnvoll an.
- *Individuelle Präferenzen:* Es gab dreimal die Meinung, dass die Stufe je nach individueller Präferenz gewählt oder umgestellt werden können sollte, darunter auch, dass die Automation „auch mal still sein können“ müsse.

Die Zahl der Stufen wurde von allen Teilnehmern als ausreichend oder zu hoch angesehen. Mehrfach wurde vorgeschlagen, dass bei den Ja-Nein-Vorschlägen vor Ausführung der Patient, das Rettungsmittel oder das Krankenhaus änderbar sein sollte. Wirklich neue Stufen, etwa im Sinne der theoretischen Modelle, wurden trotz expliziter Frage im Interview nicht genannt.

---

<sup>63</sup> Auf die Entfernung von Ausreißern bei den Werten wurde aufgrund der niedrigen Stichprobenanzahl verzichtet. Sie beeinflussen das Gesamtbild lediglich in einem aus Sicht des Autors akzeptablen Ausmaß.

Die positive Wahrnehmung der Automationsstufen Empfehlungen und Ja-Nein-Vorschläge passt dazu, dass die OrgL sie mit bereits genutzten Mitteln in Verbindung bringen. So wurde von den meisten der Vergleich zu Checklisten [1,2,4,5,6,10,11,14] gezogen, ebenso wurde zweifach genannt, dass sie zum Gedanken eines „Crew Ressource Management“ passen würden [6,16]. Aktuelle Unterstützungsformen auf Papier wurden dabei im Vergleich als eher nachteilig bewertet. So wurde gesagt, ein Tablet könne wetterunabhängiger sein als Papier und man habe alles an einem Ort [2,8]. Drei Teilnehmer meinten, bei den Papierversionen könne man durch „Blättern“ Sachen vergessen oder übersehen [3,8,9], ein Weiterer sagte, dass es unrealistisch sei, dass man im MANV ein dafür vorgesehenes Handbuch lesen würde [17]. Ein weiterer Teilnehmer sah es als Problem der Papierform an, dass diese in der Aktualität zumindest „Monate alt“ sei im Unterschied zu einer aktuell gehaltenen Computerunterstützung [8].

## 11.3 Diskussion und Interpretation

Die Ergebnisse der Evaluation müssen eingeordnet werden, um Erkenntnisse ableiten zu können. In diesem Abschnitt werden sie diskutiert und interpretiert.

### 11.3.1 Evaluationsteilnehmer

In Bezug auf die Evaluationsteilnehmer lässt sich feststellen, dass eine größere Anzahl wünschenswert wäre – gerade die Zahl von nur 9 Teilnehmern pro Gruppe (erste Systemnutzung mit oder ohne Automation) ist niedrig. Das war schon vor Durchführung der Studie klar und im Rahmen dieser Arbeit zeitlich wie organisatorisch nicht anders möglich. Es erscheint auch im Nachhinein als richtige Entscheidung, dass explizit OrgL als spezialisierte Fachkräfte ausgewählt wurden. Einige Ergebnisse, wie die Beobachtung unterschiedlicher Vorgehensweisen, wären sonst nicht einzuordnen gewesen. Eine höhere Teilnehmerzahl hätte vermutlich zu einer höheren absoluten Anzahl weiblicher Evaluationsteilnehmerinnen und einem geringeren Altersunterschied der Gruppen (5 Jahre, siehe Abschnitt 11.1.5) geführt, eventuell auch zu mehr signifikanten Korrelationen und Unterschieden.

Die Teilnehmer waren eher technikaffin (siehe Abschnitt 11.2.1). Es fehlt ein Vergleichswert, ob das repräsentativ für OrgL im Rettungsdienst ist. Da die Evaluationsteilnahme freiwillig ohne Gegenwert für den OrgL gewesen ist, liegt es allerdings nahe, dass sich tendenziell diejenigen für die Evaluation gemeldet haben, die Technik offen gegenüberstehen oder gerne neue Technik ausprobieren. Es ist also anzunehmen, dass es einen Selektionseffekt gibt, der die Ergebnisse verfälscht. Im Vergleich zur Grundgesamtheit können diese also zu positiv sein (da die Teilnehmer gerne Technik ausprobieren), aber auch zu negativ (da sie eventuell besonders kritisch sind).

### 11.3.2 Gebrauchstauglichkeit der Systemlösung

Die Ergebnisse des ISONORM-Fragebogens, wie in Abschnitt 11.2.2 beschrieben, zeigen eine insgesamt recht gute Gebrauchstauglichkeit auf. Keiner der sieben Dialoggrundsätze liegt im neutralen oder gar negativen Bereich. Die gleichmäßige Bewertung über die Dialoggrundsätze hinweg (5,1 – 5,7 auf einer Skala von 1-7) zeigt auf, dass die Konzeption gut gelungen ist. Die Anwendung ließe sich mit mehr Zeit und Aufwand schrittweise verbessern, wobei weiterhin alle Dialoggrundsätze zu berücksichtigen wären.

Wegen der äußerst begrenzten Einarbeitungszeit in das FUS im Rahmen der Evaluation erscheinen die Dialogkriterium der Erwartungskonformität und Selbstbeschreibungsfähigkeit als besonders wichtig für die weiteren Evaluationsteile – beide weisen keine Schwächen auf. Die Aufgabenangemessenheit hat mit 5,1 den niedrigsten Wert, der jedoch immer noch im guten Bereich liegt. Es ist anzunehmen, dass dieser steigen würde, wenn weitere Funktionalität, wie beispielsweise die vorgeschlagene Mehrfachzuteilung von Patienten auf Fahrzeuge im Transportmodul, realisiert würde. Der Wert für die Individualisierbarkeit ist erstaunlich hoch. Da die klassischen Aspekte der Individualisierbarkeit (wie Konfiguration von Menüstrukturen) für sicherheitskritische Systeme als problematisch identifiziert wurden, bietet die Anwendung keine diesbezügliche Funktionalität (siehe Kapitel 8). Eventuell hat die Automation, beispielsweise in Form der Auswahl der Automationsstufen, den Wert dieses Kriteriums positiv beeinflusst.

Alles in allem weist das FUS eine gute Gebrauchstauglichkeit auf, sodass es als Basis für die Untersuchung der Hypothesen gut geeignet gewesen ist.

### 11.3.3 Diskussion der Hypothese 1

Die Hypothese 1 dieser Arbeit ist: *„Eine passende Automation ermöglicht eine effektivere und effizientere Bewältigung von Massenankäufen von Verletzten“* (siehe Abschnitt 1.3). In Bezug auf die Effektivität kann festgestellt werden, dass die OrgL mit Automationsnutzung eher Strategien verwendet haben, die zu den Lehraussagen und Faustregeln passen (siehe Abschnitt 11.2.3). Zudem haben viele einen Vergleich zwischen der Automation und einer Checkliste gezogen (siehe Abschnitt 11.2.5). Beides kann als Indiz dafür gesehen werden, dass die Hypothese in Bezug auf die Effektivität für die Automationsstufen der Empfehlungen und Ja-Nein-Vorschläge korrekt ist. Dafür sprechen auch die Aussagen der OrgL, die im Abschnitt 11.2.4 zusammengefasst sind. Für die Stufe der Vollautomation fehlt die Kontrolle durch den OrgL und sie wird von den OrgL als eher schädlich bewertet wird (siehe Abschnitt 11.2.5). Die Vollautomation kann zwar regelbasiert Lehraussagen und Faustregeln umsetzen, jedoch nicht auf situations- und lagespezifische Charakteristika des MANV reagieren. Da diese – wie in der Analyse beschrieben – vielfältig sein

können, wird die Vollautomation in vielen Fällen keinen adäquaten Einsatzablauf abbilden können. Damit kann sie nicht als effektiv für die Bewältigung des MANV bewertet werden. Der Vergleich der Automationsstufen mit der Checkliste ist nur teilweise zutreffend. Beide sind eine Hilfestellung, die Checkliste kann allerdings weder situationsspezifisch helfen noch die exakte Situation berücksichtigen (zum Beispiel die Verletztanzahl, Eintreffzeiten oder den Ort). Insofern ist der Ersatz einer Checkliste eine relativ einfache Assistenzfunktion. Diese kann zwar mit Automation einhergehen, aber grundsätzlich kann Automation, insbesondere in höheren Stufen, mehr leisten und deutlich komplexer werden.

In Bezug auf die Effizienz lässt der bessere Fortschritt der Gruppe mit Automationsnutzung den Schluss zu, dass die Stufe der Ja-Nein-Vorschläge die Effizienz erhöht (siehe Abschnitt 11.2.3). Dieser ist aufgrund der Einschränkungen der Studie, der im Abschnitt 11.2.3 genannten Einflussfaktoren und der geringen Zeit der Systemnutzung nicht gesichert. Da die Automation vor allem die im MANV vorgesehene und unstrittige Metrik der Verletztenkategorisierung in SK in Zusammenhang mit Daten wie dem Fahrzeugtyp oder der Entfernung nutzt, kann sie Zuordnungen treffen, die klar begründbar sind und gleichzeitig die Komplexität der Erfassung, Sortierung und Nutzung großer Datenmengen in kurzer Zeit bewältigen. Es entsteht also eine Aufteilung gemäß den Fähigkeiten von Mensch und Computer (siehe Abschnitt 5.3.2). Die Vollautomation ist schneller als die anderen Automationsstufen, weil sie nicht auf den Menschen warten muss. Es ist kein Problem für ein Computersystem, in Sekundenbruchteilen jedes wartende Fahrzeug einer Aufgabe zuzuweisen. Effizient muss das jedoch nicht sein, da die Effizienz neben dem Aufwand (hier zeitlich) die Effektivität im Sinne der erreichten Ergebnisse erfordert (siehe Abschnitt 1.3). Zusammengefasst lässt sich ableiten, dass die Hypothese durch die Evaluation bekräftigt wird. Es erscheint daher als lohnend, die Automation im Rettungsdienst mit Fokus auf den MANV für die Stufen unterhalb der Vollautomation weitergehend zu untersuchen.

#### 11.3.4 Diskussion der Hypothese 2

Die Hypothese 2 dieser Arbeit lautet: „*Der Grad der Automation muss vom Benutzer einstellbar sein, damit das System zu den Anforderungen der Benutzer passt und akzeptiert wird*“ (siehe Abschnitt 1.3). Diese Hypothese wurde in den frühen Untersuchungen dieser Arbeit vielfältig betrachtet, insbesondere in den Stufenmodellen der Automation und bei der Konzeption (siehe Abschnitt 9.2). Schließlich wurde sie bereits dadurch begrenzt, dass sich in der finalen Implementierung bei der Evaluation lediglich vier Stufen wiederfinden lassen. Diese Anzahl wurde von den Teilnehmern in der Evaluation als ausreichend oder sogar zu hoch angesehen (siehe Abschnitt 11.2.5). Einige Evaluationsteilnehmer lehnten eine Umstellbarkeit der Automationsstufe durch

den Benutzer tendenziell ab, andere plädierten dafür. Teilweise wurde auch eine automatische Umstellung nach zeitlichem Verlauf oder Situation des Einsatzes vorgeschlagen. Diese ließe sich dann etwa aus den Phasen des MANV ableiten (siehe Abschnitt 4.2.2). Letztendlich kann gegen eine Umstellung durch den Benutzer als Individualisierbarkeitsaspekt auch angeführt werden, dass es im sicherheitskritischen Kontext ungünstig wäre, wenn ein Benutzer die Automation abgestellt hat und daher eventuell hilfreiche Empfehlungen oder Vorschläge nicht bekommt. Da die Beantwortung der Hypothese keineswegs eindeutig ist, sollte an einer Einstellbarkeit durch den Benutzer festgehalten werden, solange keine weiteren Erkenntnisse vorliegen. Damit liegt die Automationsnutzung komplett in der Verantwortung des Benutzers und Risiken werden minimiert.

Der Autor dieser Arbeit schlägt für weitere Untersuchungen vor, die Hypothese sehr kritisch zu betrachten. Er empfiehlt aufgrund der Erkenntnisse dieser Arbeit als neuen Ansatz, unterschiedliche Automationsstufen bezüglich des zeitlichen Verlaufs und den Aufgaben einzuplanen und zu evaluieren. So könnte in der Chaosphase ein hoher Automationsgrad einzuplanen sein, da anfangs die Fachkräfte fehlen und viele Aufgaben zugleich anliegen. Des Weiteren dürfte ein hoher Automationsgrad im späten MANV-Verlauf (Räumungsphase) sinnvoll sein, wenn eine große Anzahl von Fahrzeugen eintrifft und weniger kritische Aufgaben (wie Transporte von Leichtverletzten) anstehen. Eine Tendenz zu dieser Sichtweise kann aus der Bewertung der Automation in Bezug auf Aufgaben in Abschnitt 11.2.5 abgeleitet werden. Die erste Leitstellenmeldung in der Chaosphase wurde als eher sinnvoll erachtet, bei den frühen Aufgaben (2-4) und späten Transporten (8) liegt der Bewertungsdurchschnitt im neutralen Bereich. Aufgaben mit Bezug auf kritische Patienten (5,7) oder räumlich-taktische Entscheidungen (6,9,11) wurden als eher schädlich bewertet. Für eine Automation in der Räumungsphase wäre denkbar, dass die Führungskraft Transporte nach Kriterien freigibt (zum Beispiel Transport einer Sichtungskategorie oder Erledigung einer definierten Anzahl von Transporten), die dann vollautomatisch für die Freigabe geplant oder sogar umgesetzt werden. Hierzu ist weitere Forschung notwendig. Insbesondere der Nutzen von Automation gegenüber der Problematik vieler gleichzeitig zu erledigender Aufgaben (siehe Abschnitte 6.1, P6 und 9.2.2) müsste im Feld untersucht werden.

### 11.3.5 Diskussion der Hypothese 3

Die Hypothese 3 dieser Arbeit ist: „*Die Automation muss verständlich sein, ansonsten wird sie nicht genutzt.*“ In der Konzeption hat unter anderem diese Hypothese dazu geführt, dass das Modell auf vier Automationsstufen begrenzt wurde und passende Bezeichnungen erhalten hat (siehe Abschnitt 9.5). Die Unterschiede der Automationsstufen wurden offensichtlich von den Teilnehmern verstanden, wie die unterschiedliche Bewertung der Stufen zeigt. Gleiches gilt für die

konkrete Automation in Bezug auf die Aufgaben, da es auch hier Unterschiede in den Ergebnissen gibt. Ein weiteres Indiz dafür, dass die Automation verständlich angezeigt wird, ist, dass es im Interview qualifizierte Aussagen zur Automation gab, jedoch keine Hinweise, die auf eine Nichtverständlichkeit hindeuten würden (siehe Abschnitt 11.2.5). In Bezug auf die SA der Evaluationsteilnehmer kann festgestellt werden, dass es zwar Unterschiede zwischen den Gruppen gab, diese sich aber als nicht signifikant herausstellten. Eventuell stört die Automation bei der Wahrnehmung der Situation und auch beim Verständnis, Klarheit darüber müsste jedoch eine Studie mit mehr Teilnehmern zeigen. Insgesamt betrachtet scheint die SA allerdings unter der Automation zumindest nicht stark zu leiden, eventuell auch überhaupt nicht (siehe Abschnitt 11.2.4). Genutzt wurde die Automation von sieben der neun Teilnehmer aus der entsprechenden Gruppe, teilweise recht häufig. Interessanterweise scheint eine höhere Automationsnutzung mit einem höheren Fortschritt einherzugehen. Das spricht dafür, dass ein gutes Verständnis der Gesamtanwendung die Automationsnutzung fördert.

Die Hypothese lässt sich alles in allem weder bestätigen noch negieren. Es gibt Indizien, dass die Automation verständlich ist und sie wurde genutzt, wenn auch nicht von allen Evaluationsteilnehmern. Eine Kausalität begründet das allerdings nicht. Bei denjenigen, die sie nicht nutzten, hat allerdings auch keiner angegeben, dass dies an fehlendem Verständnis gelegen hätte.

### 11.3.6 Gesamtfazit zur Evaluation

Die Evaluation zeigt deutlich, dass im Zuge der Digitalisierung im Sanitäts- und Rettungsdienst die Integration von Automation sinnvoll ist. Die Bewertung durch die Evaluationsteilnehmer in Bezug auf unterschiedliche Aufgaben ergibt, dass für eine niedrige Stufe (Empfehlungen) und für eine mittlere Stufe (konkrete Ja-/Nein-Vorschläge) eine hohe Nützlichkeit durch die Experten gesehen wird (siehe Abschnitt 11.2.5). Die Vollautomation wird kritisch gesehen. Der regelbasierte Charakter der Automation scheint die Akzeptanz zu fördern, da er zur aktuellen Arbeitsweise mit Algorithmen und Faustregeln passt und deren Umsetzung fördert. In Bezug auf die Hypothesen der Arbeit wurden interessante Erkenntnisse abgeleitet, die allerdings größtenteils als erste Schlussfolgerungen mit weiterem Forschungsbedarf zu sehen sind (siehe Abschnitte 11.3.3 bis 11.3.5). Der Grund dafür ist, dass in den Ergebnissen der Evaluation kaum signifikante Korrelationen und Unterschiede zwischen den Gruppen gefunden werden können, weshalb sich die Hypothesen nicht sicher bestätigen oder verwerfen lassen. Der Autor der Arbeit sieht dafür mehrere potenzielle Gründe:

- Die Erhöhung der Anzahl der Evaluationsteilnehmer könnte zu statistisch besseren Ergebnissen führen. Eine solche Studie wäre aber über die Möglichkeiten im Rahmen dieser Arbeit hinausgegangen und wird daher an dieser Stelle vorgeschlagen.
- Die hohe Komplexität des Kontextes (siehe Kapitel 2 bis 6), verbunden mit einer aus der Seltenheit des Ereignisses resultierenden geringen Routine und Erfahrung (siehe Abschnitt 6.3) zeigt sich in der Evaluation. Am deutlichsten wird dies in der Wahl unterschiedlicher Strategien zur Bewältigung des MANV, von denen einige aus Sicht des Autors nicht zur Lehrmeinung passen (siehe Abschnitt 11.2.3). Weitere Erklärungen für die unpassenden Strategien wären die geringe Einarbeitungszeit in die Anwendung oder Schwächen in der Gebrauchstauglichkeit, die in der Evaluation nicht entdeckt wurden.
- Die Studie fokussiert sehr weit in die Zukunft. Die Grundlage für die untersuchte Automation stellt schließlich ein Computersystem dar, das es im Rettungsdienst in der Form aktuell noch nicht gibt und das selbst eine Zukunftsvision darstellt.

Insbesondere der letztgenannte Punkt kann zu unterschiedlichen Effekten in der Evaluation führen. Der Autor geht stark davon aus, dass viele Evaluationsteilnehmer zwangsläufig ihre Meinung über das Grundsystems einfließen lassen haben und dieses oftmals sogar als wichtiger für ihre Praxis ansahen als den eigentlichen Untersuchungsgegenstand. Daher war im Interview eine Unterscheidung in das System ohne Automation und die Automationskomponenten schwierig, auch bei Nachfragen, und konnte nicht konsequent befolgt werden. Die hier genannten Untersuchungen bilden eine erste Einschätzung der Automation im Rahmen des MANV, die weiter untersucht werden muss. Letztlich wird eine präzise Aussage erst und nur dann möglich sein, wenn als Grundlage für die Untersuchungen integrierte MANV-Systeme im Rettungsdienst etabliert sind.

# 12 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Kapitel werden die Vorgehensweisen und Erkenntnisse dieser Arbeit zusammengefasst. Im Anschluss wird ein Ausblick auf weiteren Forschungsbedarf gegeben.

## 12.1 Zusammenfassung

Diese Arbeit thematisiert das Potenzial für Automation in der präklinischen Notfallversorgung. Als Arbeit im Gebiet der Informatik, speziell dem Fachgebiet Mensch-Computer-Interaktion, führt sie die Forschungen an gebrauchstauglichen Computersystemen im Rettungsdienst fort, die bereits in verschiedenen Vorarbeiten erfolgt sind. Automation in der präklinischen Notfallversorgung kann an unterschiedlichen Stellen ansetzen. In dieser Arbeit wird auf die Unterstützung in organisatorischen Prozessen fokussiert und hier auf einen wichtigen Spezialfall, den MANV. Damit wird die Automation in einem Ausnahmefall thematisiert. Bei den derzeit existierenden Automationen in anderen Bereichen ist es dagegen oft so, dass der Regelfall automatisiert wird und der Ausnahmefall vom Menschen übernommen werden muss, der ihn dann unter Umständen jedoch nicht passend bearbeiten kann.

Der MANV kann als Prozessführungssystem gesehen werden. Wissenschaftliche Konstrukte wie mentale Modelle und die Situation Awareness schaffen eine solide Grundlage für eine Systemkonzeption, wie auch die Automation. Der Blick auf Anwendungsgebiete mit früher Automatisierung, zu denen insbesondere die Luftfahrt gehört, hilft dabei. Die Ausbildung und Vorgehensweisen im Rettungs- und Sanitätsdienst weisen eine erstaunliche Passung auf. So kennen Führungskräfte einen Führungsvorgang, der sich direkt auf die Situation Awareness übertragen lässt und diverse Hilfsmittel wie Anweisungen, Checklisten und Regeln sollen für ein geordnetes, definiertes Vorgehen im MANV sorgen. Gleichzeitig ist auffällig, dass die Einsatzkräfte des Rettungsdienstes nur begrenzt auf den MANV vorbereitet sind und bei nahezu allen Einsatzkräften Routine und Erfahrung bezogen auf diesen Ausnahmefall fehlen. Mit Blick auf die organisatorischen Prozesse ist das insbesondere für die vorläufige Einsatzleitung festzustellen, die sich ohne größere Vorbereitung und ohne sich darauf explizit einstellen zu können in dieser Rolle wiederfindet. Eventuell könnte Automation helfen, diese Problematik zu kompensieren – das könnte aber auch eine Intensivierung von Ausbildung oder Übungen. Die wesentlichere Fragestellung sieht der Autor daher darin, ob Automation auch bei der auf den MANV vorbereiteten Einsatzleitung hilft, die Effektivität und Effizienz durch ein gutes Zusammenspiel zwischen menschlichen und technischen Fähigkeiten zu erhöhen. Dementsprechend ist es wichtig, unterschiedliche Stufen der Automation zu berücksichtigen.

Für eine adäquate Automatisierung organisatorischer Prozesse ist ein genaues Verständnis des Kontextes, der Aufgaben und der Benutzer notwendig. Der MANV kann in vielfältiger Form in Bezug auf die Situation, Dimension und Dynamik auftreten. Sein Ablauf ist geprägt durch die Übergabe der Führung nach Eintreffen der Einsatzleitung und die ad-hoc-Verbesserung der Führungsstruktur und der räumlichen Strukturen, aber auch durch das zeitlich versetzte Eintreffen der Einsatzkräfte. Schon bei Betrachtung lediglich des präklinischen medizinischen Bereichs gibt es sehr unterschiedliche Akteure mit eigenen Charakteristika. Sie reichen vom hauptamtlichen Rettungsdienst mit vielen Individualeinsätzen bis zum ehrenamtlichen Sanitätsdienst im Katastrophenschutz, der in großen Einheiten strukturiert ist. Der MANV als Ausnahmebetrieb des Rettungsdienstes kann dabei paradoxerweise in gewisser Weise als Regelbetrieb des Sanitätsdienstes gesehen werden. Die Kombination von Rettungs- und Sanitätsdienst ergibt eine hohe Problemlkomplexität, die sich etwa in den Fahrzeugtypen und Ausbildungen wiederfindet. Während im regulären Rettungsdienst üblicherweise drei Fahrzeugtypen für die Aufgaben zur Verfügung stehen (RTW, KTW und NEF), sind es im MANV deutlich mehr, die mit definierter Personalbesetzung und verschiedenen Einsatzmöglichkeiten einhergehen. Eine Automation, wie auch ein sie einbettendes Computersystem müssen die Komplexität geeignet adressieren, da sie zu den zentralen Herausforderungen führt, die Automation in diesem Kontext als potenziell sinnvoll erscheinen lassen. Mit der Notwendigkeit von Verantwortung, Improvisation und Anpassungsfähigkeit als menschlichen Fähigkeiten erscheint nicht der Ersatz des Menschen zielführend, sondern vielmehr die Erhöhung der Effektivität und Effizienz, die im bestmöglichen Fall die Rettung von Menschenleben bedeutet. Ein guter Ansatz ist die Fokussierung auf unterschiedliche Benutzergruppen und ihre Aufgaben, die abhängig von Phasen des MANV sind. So lassen sich die Aufgaben einzeln mit Automationsansätzen adressieren.

Es ist naheliegend, die Automatisierung organisatorischer Prozesse durch Integration in ein computerbasiertes Anwendungssystem zu lösen. Im Rahmen eines integrierten MANV-Systems stehen die benötigten Daten zur Verfügung. Daher ist ein solches im Rahmen dieser Arbeit konzipiert und realisiert worden. Es beinhaltet in der Konzeption Komponenten für den gesamten MANV und die unterschiedlichen Einsatzkräfte am Einsatzort, die teilweise umgesetzt wurden. Zentrales Kernstück ist ein Unterstützungssystem für Führungskräfte, das modulbasiert die wesentlichen organisatorischen Aufgaben ermöglicht. Die Automation ist durch Zusammensetzung und Weiterentwicklung verschiedener Modelle der Automation und eine anschließende Konkretisierung auf vier Automationsstufen entstanden. Implementiert wurden ferner Simulationskomponenten für die Aufgaben der Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion, wie auch Simulatoren für Verletzte und Fahrzeuge, welche eine Systembenutzung und Evaluation ohne den Aufwand einer großen MANV-Übung möglich machen. Damit steht ein System zur Verfügung, das eine

Evaluation der Fragestellungen dieser Arbeit möglich macht, vorausgesetzt, dass es sich als ausreichend gebrauchstauglich herausstellt.

Eine summative Evaluation mit 18 Einsatzkräften mit der Qualifikation als Organisatorischer Leiter bringt Ergebnisse zur Systembewertung. Bezüglich der Gebrauchstauglichkeit kann geschlossen werden, dass diese auf einem guten Stand ist. So sind alle Dialoggrundsätze gemäß DIN EN ISO 9241-110:2006 im „ISONORM 9241/110-S“-Fragebogen im positiven Bereich mit Mittelwerten zwischen 5,0 und 5,9 und damit auf ähnlichem Niveau bewertet worden. Entsprechendes suggerieren auch die Interviewaussagen, die im Wesentlichen das Gesamtprogramm positiv hervorheben und Verbesserungsvorschläge für Details beinhalten. Aus der Evaluation der Gebrauchstauglichkeit lässt sich einerseits schließen, dass die Konzeption für ein Produkt tragfähig wäre, wobei dafür ein genauer definierter Entwicklungsprozess mit Qualitätssicherung und Systemtests sowie wesentlich mehr Aufwand in Bezug auf die Systemstabilität, Komponenten und die Netzwerkimplementierung notwendig wäre. Andererseits eignet es sich damit als Basis für die über die Grundfunktionalität hinausgehende Evaluation der realisierten Automation im Sinne der Fragestellung dieser Arbeit.

In Bezug auf die Automation wird als Erkenntnis der Evaluation das meiste Potential in Empfehlungen oder Vorschlägen gesehen, die das System auf Basis der vorhandenen Daten berechnet und anzeigt. Der Benutzer muss demnach unbedingt die Verantwortung behalten und in der Form im Prozess bleiben, dass er die Automation versteht und damit auch nutzt. Daher scheidet eine weitgehende Vollautomation aus. Hier lassen sich lediglich einzelne Aspekte finden, für die eine weitere Untersuchung lohnen könnte – etwa automatische Rückmeldungen an die Leitstelle oder der Abtransport ins Krankenhaus. Eine Automation, die mit Empfehlungen und Vorschlägen in einem Zusammenspiel aus Mensch und Technik funktioniert, scheint die Effektivität und Effizienz im MANV verbessern zu können, während sie gleichzeitig kaum negative Einflüsse aufweist. Die Evaluation legt nahe, dass sie dem Benutzer helfen kann, eine Strategie zu finden und für Struktur zu sorgen und damit eventuell die anfängliche Chaosphase zu verkürzen, selbst wenn die Situation nicht vollständig klar ist. Die Projektion, Kontrolle und Planung für die nächsten Minuten beeinflusst sie gemäß den Untersuchungen zur Situation Awareness jedoch nicht, der Benutzer bleibt also im Prozess. Die Erkenntnisse sind aufgrund der geringen Teilnehmerzahl und der Versuchseinschränkungen nur Hinweise, die in weiteren Untersuchungen zu validieren und konkretisieren wären. Wenn sich bestätigt, dass mit Automation in Form von Empfehlungen und Vorschlägen der MANV effektiver und effizienter bewältigt werden kann, sollte eine manuelle Bearbeitung ohne Automation nicht bestehen bleiben in einem Kontext, in dem diese Faktoren die Rettung von Menschen bedeuten.

In den Untersuchungen bleiben allerdings auch Fragestellungen offen, darunter vor allem, ob die Automation auf eine Stufe reduzierbar wäre oder ein Stufenwechsel möglich sein muss. Die Evaluation konnte diese Frage nicht klären. Zu betrachten wäre in diesem Zusammenhang, ob und inwiefern sich Charakteristika wie Eigenschaften der Benutzer, der zeitliche Ablauf des MANV oder die Dimension auswirken.

## 12.2 Übertragbarkeit der Ergebnisse

Der MANV ist ein Anwendungskontext mit sehr speziellen Charakteristika, wie die Analysen zeigen. Nur einige Beispiele dafür sind die unterschiedlichen Eintreffzeiten der Einsatzkräfte, der ad-hoc-Aufbau von Plätzen und Führungsstrukturen und die Eigenschaft, dass der MANV für den Rettungsdienst als Ausnahmefall, für den Sanitätsdienst aber in gewisser Weise als Normalfall (wenn auch mit begrenzter Routine) einzuordnen ist. Diese Charakteristika lassen sich teilweise auch bei anderen Einsatzorganisationen (siehe Abschnitt 2.1) wiederfinden:

- Bei den Feuerwehren in Deutschland gibt es sowohl Freiwillige Feuerwehren (FF, weitgehend Ehrenamt), als auch Berufsfeuerwehren (BF), sodass eine Analogie zu Rettungs- und Sanitätsdienst naheliegt. Diese ist aber nur begrenzt tragfähig. Im ländlichen Raum gibt es oft keine BF, sodass die FF alle kleinen und großen Einsätze allein abdeckt. Auch in vielen Städten werden FF oft zu kleineren Einsätzen angefordert, ein Spitzenreiter ist die FF Berlin-Hellersdorf mit 1.466 Einsätzen im Jahr 2018 (Hegemann, 2019). Im Falle der Feuerwehr kann also der Regelfall bei BF und FF in alltäglichen Einsatzszenarien gesehen werden, Großereignisse sind für beide der Ausnahmefall. Im Unterschied zum Rettungsdienst arbeiten Feuerwehren ähnlich wie der Sanitätsdienst in festen Einheitsstrukturen, oft in Trupps, Gruppen und Zügen (siehe Abschnitt 2.1.3). Teilweise gibt es auch Einheitsstrukturen für besonders große Einsätze, allgemein wird aber eher von einer dynamischen Einsatzlage mit entsprechender Kräftenachforderung ausgegangen. Gemeinsamkeiten liegen im versetzten Eintreffen der Einheiten, dem ad-hoc-Aufbau der Führung und den Einsatzszenarien.
- Das THW hat ähnlich wie die Feuerwehren eine feste Einheitsstruktur. Als Bundesanstalt ist es vor allem für die Hilfe bei sehr großen Schadenslagen gedacht (dies zeigen auch Fachgruppen wie „Schwere Bergung“ oder „Brückenbau“). Insbesondere in Katastrophen (siehe Abschnitt 1.1) sind viele THW-Einheiten gleichzeitig im Einsatz. So ist der Eisenbahnunfall ein MANV-Szenario mit viel Potential für den Einsatz des THW; in Eschede waren 13 Technische Züge und etwa 30 Fachgruppen im Einsatz (Bartsch,

1999). Anders als bei der Feuerwehr gibt es keine „alltäglichen“ Einsätze, die sich als Regelfall einordnen ließen.

- Die Polizei, insbesondere die Landespolizei, vereint Charakteristika des Rettungs- und Sanitätsdienstes, indem sie im Tagesgeschäft vor allem Einzelfahrzeuge disponiert, für große Einsätze aber auch Einheitenstrukturen in Verbandsstärke in Form der „Hundert-schaften“ vorhält. In Bezug auf die Polizei lassen sich Regelfall und Ausnahmefall also gut abgrenzen. Anders als die anderen Einsatzorganisationen gibt es in der Polizei keine ehrenamtlichen Strukturen.

Die Liste der Einsatzorganisationen ließe sich fortführen, die wichtigsten Akteure sind aber benannt. Es zeigt sich, dass es Gemeinsamkeiten gibt, die für eine mögliche Übertragung der Erkenntnisse in Systeme für unterschiedliche Einsatzorganisationen sprechen, aber auch Unterschiede, die eine genaue Betrachtung notwendig machen. Parallelen sieht der Autor dieser Arbeit auch in Bezug auf die Gesamteinsatzleitung in großen Einsatzszenarien und in Bezug auf das Militär, da sich Parallelen in Aufbau (z.B. Einheitsstrukturen), Arbeitsmitteln (z.B. Lagekarten und taktische Zeichen) und Führung (Hierarchie) zwischen Katastrophenschutz und Militär finden lassen. Mit einigen Einschränkungen könnten auch Krankenhäuser mit Blick auf Überlastung in Intensivstationen und damit verbundene Triage-Situationen (z.B. in Pandemien) betrachtet werden; bei diesen fehlen aber der ad-hoc-Aufbau der Strukturen und der Führung genauso wie die nicht vorher zu klärenden Bedingungen des Einsatzortes und die Raumordnung.

Bezüglich der Übertragbarkeit in weniger naheliegende Anwendungsfelder hilft die in Abschnitt 3.4.1 postulierte Einordnung des MANV als Prozessführungssystem zusammen mit den adressierten Problemen, eine Abgrenzung vorzunehmen. Es werden Anwendungsfelder gesucht mit

- einem plötzlich auftretenden Ereignis, das zu einer Chaosphase führt,
- einem Zuteilungs- oder Entscheidungsproblem (Ressourcenmanagement) für viele Objekte mit abweichenden Charakteristika (im MANV sind das Verletzte, Fahrzeuge und Krankenhäuser), sowie
- anfangs zu wenigen Akteuren vor Ort, sodass die Übergabe von Informationen und gegebenenfalls Führungswechsel notwendig sind.

Die Charakteristika lassen sich in verschiedenen Prozessführungssystemen wiederfinden. Ein gutes Beispiel ist die Steuerung moderner Stromnetze. Aktuelle Entwicklungen wie die Energiewende und die digitale Transformation samt immer größerer Datenmengen, führen dazu, dass die Interaktion und insbesondere die Gebrauchstauglichkeit von Computersystemen für Kontrollräume wichtiger werden; sie standen etwa im Fokus des von 2016 bis 2020 laufenden Projekts NetzDatenStrom (Mentler, Rasim, Müßiggang & Herczeg, 2018). Im Falle eines Stromausfalls

oder zumindest einer größeren Störung kann von einem Ausnahmefall gesprochen werden, der plötzlich auftritt. Es wäre daher sinnvoll, die Erkenntnisse für Automation im Kontext der Führungssysteme im MANV begleitet von entsprechenden Untersuchungen und Analysen auf die Gestaltung von Leitstellensystemen für Netzleitwarten zu übertragen.

## 12.3 Gesamtfazit und Ausblick

In dieser Arbeit wurde Automation bei der Bewältigung des MANV untersucht, wobei der Fokus auf Computersystemen für die Einsatzleitung beim MANV lag. Die Arbeit beinhaltet zu diesem Zweck eine umfassende Analyse des Anwendungskontextes, die Problemfelder für die Automatisierung identifiziert. Die Analyse zeigt des Weiteren diverse für die Entwicklung von Computersystemen im Rettungsdienst relevante Charakteristika auf und eignet sich daher als Grundlage für die Konzeption solcher Systeme.

Die Basis für Automation im Rettungsdienst stellt die Nutzung eines integrierten MANV-Systems mit unterschiedlichen Komponenten dar. Für die Automation werden Daten benötigt, die zeitgerecht (am besten in Echtzeit) und in ausreichender Qualität nur dann vorhanden sind, wenn Einsatzkräfte ohne Führungsfunktion mit Computersystemen arbeiten und die Daten über ein Netzwerk zu den Systemen der Führungskräfte übertragen werden. Umgekehrt erscheint es für die Automation als nutzbringend bis hin zu notwendig, dass Aufträge direkt an Einsatzkräfte übermittelt werden können. In dieser Arbeit ist ein integriertes MANV-System konzipiert und teilweise prototypisch realisiert worden. Dieses passt zu den Charakteristika des MANV, berücksichtigt derzeitige Arbeitsmittel und bietet eine papierbasierte Rückfallebene. Es zeigt gleichzeitig die Möglichkeiten für den Einsatz aktueller Gerätetechnologie (z.B. Smartwatches und Datenbrillen) auf. Perspektiven wurden etwa in der Erweiterbarkeit um das Training mit VR-Simulationen aufgezeigt. Das prototypische System geht in vielerlei Hinsicht über den aktuellen Stand der Technik im Rettungsdienst hinaus. Die Evaluation hat in Bezug auf die Gebrauchstauglichkeit des FUS ein gutes Ergebnis gezeigt. Für andere Teilsysteme, etwa die VR-Simulation oder die Vorsichtung mit Smartwatches wurden Evaluationen in Vorarbeiten zu dieser Arbeit durchgeführt und publiziert.

Ob und in welcher Form ein integriertes MANV-System, wie in dieser Arbeit vorgestellt, in den nächsten Jahren im Rettungsdienst etabliert wird, ist unklar und hängt von vielen Faktoren ab, insbesondere politischen, finanziellen und rechtlichen Klärungen. Ein erster Ansatz ist das im Stand der Technik vorgestellte System „Rescue Wave“. Das wesentlich komplexere System dieser Arbeit würde eine umfassende Digitalisierung des Rettungsdienstes mit sich bringen. Gleichwohl ist dem Autor bewusst, dass eine solche viel Zeit benötigt. So wird etwa in einer Vielzahl

von Rettungsdiensten noch immer klassisch auf Papier dokumentiert, obwohl bereits vor mehr als zehn Jahren die Umstellung der ersten Rettungsdienste auf Tablets begonnen hat.

Der Autor sieht ein integriertes MANV-System im Rettungsdienst schon ohne Automation als sehr vielversprechend an, um die langwierige und fehleranfällige Kommunikation und Dokumentation zu unterstützen. Häufig genannte Problemstellungen wie der System- oder Netzwerkausfall, sind mit einer geschickten Verbindung von Computertechnik mit papierbasierten Arbeitsmitteln als Rückfallebene adressierbar.

Eine geeignete Automation hat das Potential, die Bewältigung des MANV effektiver und effizienter zu gestalten, Ressourcen zielgerichteter zu nutzen und damit letztlich Menschenleben zu retten. Faktoren wie die Seltenheit des MANV und eine hohe Komplexität begünstigen diesen Ansatz, da sie eine gute Aufgabenteilung zwischen Mensch und Computer möglich machen. Mit den Erkenntnissen dieser Arbeit scheint ein Unterstützungsansatz passend, der laufend die Situation prüft und anhand festgelegter Regeln Vorschläge generiert. Während eine gestufte Automation in dieser Arbeit zurückgestellt wird, erscheint es sinnvoll, in frühen und späten Phasen des MANV den Automationsgrad zu erhöhen. Am Anfang kann dies die vorläufige Einsatzleitung unterstützen, die besonders kritischen und strikt festgelegten ersten Maßnahmen korrekt durchzuführen; am Ende kann es bei unkritischen, aber zeitintensiven Aufgaben, wie der Transportzuteilung nicht kritisch verletzter Patienten helfen.

Diese Arbeit kann in Bezug auf die Automation nur erste Hinweise liefern. Sie fokussiert das Feld für zukünftige Forschungen und zeigt das Potential für Automation deutlich auf. Als nächster Schritt wäre es zielführend, die Automation in Bezug auf den Zeitverlauf und die Aufgaben zu präzisieren. Gleichwohl wird eine finale Bewertung der Automation erst möglich sein, sofern und falls der Rettungsdienst weiter digitalisiert wird und damit Computersysteme als sichere Grundlage für die Forschung an Automation etabliert werden. Erkenntnisse daraus wären auch für weitere Anwendungsgebiete interessant.

# Abbildungen

Abbildung 1: Beispiele für MANV-Übungsszenarien .....	17
Abbildung 2: Verteilung der Rettungswachen (RW) und Sanitätseinheiten in Dithmarschen ....	33
Abbildung 3: Zusammensetzung der Einsatzkräfte beim MANV .....	38
Abbildung 4: Kreisschema als Modell eines Führungsvorgangs .....	43
Abbildung 5: ELW des THW mit Führungskräften bei einer Übung .....	46
Abbildung 6: Fahrzeuge des Rettungs- und des Sanitätsdienstes bei einer Übung 2017.....	46
Abbildung 7: Situation Awareness.....	57
Abbildung 8: Patientenablage bei einer Großübung in Büchen .....	61
Abbildung 9: Ein BHP 25 bei einer Vorstellung für die Öffentlichkeit.....	62
Abbildung 10: Räumliche Strukturen beim MANV an einem Beispiel.....	63
Abbildung 11: Beispielhafter typischer Zeitablauf des Eintreffens der Rettungsmittel.....	67
Abbildung 12: Bilder einer Übung und einer Ausbildungsveranstaltung .....	70
Abbildung 13: HTA zur Aufgabe A0.1 der VEL.....	73
Abbildung 14: HTA zu weiteren Aufgaben der VEL (A0.2 bis A0.5) .....	74
Abbildung 15: HTA zur Vorsichtung (A3.2).....	80
Abbildung 16: Beispiel für eine einfache Dokumentationsliste über die Verletztanzahl .....	82
Abbildung 17: Beispiel für eine Dokumentationsliste mit Details über die Verletzten .....	82
Abbildung 18: Erweitertes Modell zur Situation Awareness von Endsley .....	94
Abbildung 19: NIDAPad im Einsatz.....	109
Abbildung 20: Rettungsleitstelle West in Elmshorn .....	110
Abbildung 21: Fahrzeugübersicht in der Anwendung Einsatzdokumentation.....	112
Abbildung 22: Patientenliste in REVweb 1.2.0 .....	113
Abbildung 23: BOSassistent in der mobilen Demo-Version .....	114
Abbildung 24: Komponenten des Systems „RescueWave“ .....	116
Abbildung 25: Architektur des Gesamtsystems für den MANV .....	127

Abbildung 26: Eingabemöglichkeiten und Zusammenhang mit den Simulationskomponenten	
	144
Abbildung 27: Situation Awareness der Vorläufigen Einsatzleitung und der Einsatzleitung....	149
Abbildung 28: Veranschaulichung der Architektur des FUS, angelehnt an die UML-Notation	
	168
Abbildung 29: Grundlegender Aufbau des FUS .....	170
Abbildung 30: Farbschema für die Farbgestaltung Variante 1 .....	172
Abbildung 31: Farbschema für die Farbgestaltung Variante 2 und Variante 3.....	173
Abbildung 32: Übersicht des Patientenmoduls .....	175
Abbildung 33: Dialog zur Sichtung eines Verletzten.....	176
Abbildung 34: Liste des Patientenmoduls mit geöffnetem Dialog .....	177
Abbildung 35: Übersicht des Fahrzeugmoduls mit eingeblendetem Hilfetext .....	178
Abbildung 36: Liste des Fahrzeugmoduls mit Anzeige der Infos aus dem FMS.....	179
Abbildung 37: Übersicht des Transportmoduls .....	180
Abbildung 38: Zuteilung für einen Soforttransport.....	180
Abbildung 39: Kartenmodul mit einem Einsatzort .....	181
Abbildung 40: Dokumentationsmodul in der zweiten Iteration der BA von Schalk .....	183
Abbildung 41: Frühe Version des FUS mit Interaktionsmenü unten.....	183
Abbildung 42: Zwischenversion des FUS mit Buttons und Popup-Dialogen.....	184
Abbildung 43: Zwischenversion des FUS, die Farbgestaltung wurde leicht optimiert.....	184
Abbildung 44: Finale Version des FUS .....	185
Abbildung 45: Google Glass.....	187
Abbildung 46: HTA zur Vorsichtung mit einem computerbasierten Vorsichtungsgerät.....	188
Abbildung 47: Erste Ansicht der Anwendung zum Einlesen einer Verletztenanhängekarte .....	189
Abbildung 48: Sprachmenü zum Beantworten der Frage und Kategorisierung des Patienten ..	189
Abbildung 49: Smartwatch mit laufender Anwendung und Konzepte der Bedienung .....	189
Abbildung 50: Startansicht des Systems .....	191

Abbildung 51: Konzeption des Verbindungsaufbaus beim ersten Start inklusive Synchronisation	196
Abbildung 52: Datenübertragung unter Berücksichtigung des Ausfalls von Verbindungen .....	197
Abbildung 53: Automationsbereich für die unterschiedlichen Automationsstufen .....	200
Abbildung 54: Ergebnisse des ISONORM-Fragebogens bezüglich der Dialoggrundsätze .....	208
Abbildung 55: Ergebnisse des Fragebogens zur Situation Awareness .....	212
Abbildung 56: Ergebnisse des Fragebogens zur Schädlichkeit bzw. Nützlichkeit der Automation	215

# Tabellen

Tabelle 1: Versorgungsstufen und deren Bedeutung für die Notfallrettung .....	16
Tabelle 2: Einheits- und Führungsstrukturen des Sanitätsdienstes .....	35
Tabelle 3: Fahrzeuge zum Transport von Patienten.....	44
Tabelle 4: Fahrzeuge für andere Aufgaben als den Transport von Verletzten.....	45
Tabelle 5: Ausbildungen des nichtärztlichen Personals in Rettungs- und Sanitätsdienst .....	49
Tabelle 6: Zuordnung der Aufgaben der VEL zu den räumlichen Strukturen .....	84
Tabelle 7: Zuordnung der Aufgaben des OrgL (Einsatzleitung) zu den räumlichen Strukturen ..	85
Tabelle 8: Zuordnung der Aufgaben des LNA (Einsatzleitung) zu den räumlichen Strukturen ..	85
Tabelle 9: Zuordnung der Aufgaben der Einsatzkräfte zu den räumlichen Strukturen.....	86
Tabelle 10: 10-Stufen-Modell für die Automation von Kaber und Endsley .....	88
Tabelle 11: Zusammenführung und Vergleich der in dieser Arbeit betrachteten Modelle .....	90
Tabelle 12: Aufgaben des OrgL und Entsprechung der Module im FUS .....	136
Tabelle 13: Aufgaben des LNA und Entsprechung der Module im FUS .....	137
Tabelle 14: Modell von Kaber und Endsley mit Prämisse, dass sich Stufen gegenseitig bedingen	
153	
Tabelle 15: Stufenmodell mit zum Modell in Tabelle 14 reduzierter Stufenzahl .....	154
Tabelle 16: Automationsfunktionalität für die Überwachungsphase, getrennt nach Akteur .....	156
Tabelle 17: Automationsfunktionalität für die Planungsphase, getrennt nach Akteur.....	158
Tabelle 18: Automationsfunktionalität für die Entscheidungsphase, getrennt nach Akteur .....	158
Tabelle 19: Automationsfunktionalität für die Ausführungsphase, getrennt nach Akteur.....	159
Tabelle 20: Vereinfachtes Modell mit vier Stufen der Automation.....	161
Tabelle 21: Varianten für die Umstellung der Automationsstufe durch den Benutzer .....	163
Tabelle 22: Identifizierte Aufträge für das System .....	186
Tabelle 23: Phasen mit Ein- und Ausgangsbedingungen.....	199
Tabelle 24: Gewählte Strategie, aufgeteilt in die Gruppen mit und ohne Automationsbenutzung	

# Quellen

Dieses Quellenverzeichnis besteht aus dem Literaturverzeichnis der Arbeit sowie einer Übersicht über die verwendeten Normen und Gesetze.

## Literaturverzeichnis

- Ackermann, O., Lahm, A., Pfohl, M., Köther, B., Kkwie Lian, T., Kutzer, A., ... & Hax, P. M. (2011). Patientenversorgung bei der Loveparade 2010 in Duisburg. Klinische Erfahrungen. *Deutsches Ärzteblatt*, 108(28-29), 483-489.
- Airbus (2005). *Flight Operations Briefing Notes*. [https://www.smartcockpit.com/docs/Golden\\_Rules.pdf](https://www.smartcockpit.com/docs/Golden_Rules.pdf) (Zugriff am 19.02.2023).
- Altenburg, S., Kienzler, H. P., & Auf der Maur, A. (2018). *Einführung von Automatisierungsfunktionen in der Pkw-Flotte. Auswirkungen auf Bestand und Sicherheit*. [https://www.adac.de/-/media/pdf/motorwelt/prognos\\_automatisierungsfunktionen.pdf](https://www.adac.de/-/media/pdf/motorwelt/prognos_automatisierungsfunktionen.pdf) (Zugriff am 15.01.2022).
- Ametsbichler, J. (2016). *Die Retter von Bad Aibling. Diese Helfer waren bei der Zug-Katastrophe im Einsatz*. <https://www.merkur.de/bayern/bad-aibling-viele-retter-waren-zugunglueck-einsatz-helfer-feuerwehr-polizei-rettungsdienst-6111692.html> (Zugriff am 16.02.2023).
- Arbeitsgemeinschaft Intensivmedizin Arnsberg (2017). *Einführungskurs Intensivmedizin*. <https://www.aim-arnsberg.de/kurse/> (Zugriff am 16.04.2019).
- Bainbridge, L. (1983). Ironies of Automation. *Automatica*, 19(6), 775-779.
- Bakeberg, G. (1999). Chronologischer Ablauf. In E. Hüls & H.-J. Oestern (Hrsg.), *Die ICE-Katastrophe von Eschede*. (S. 93-96). Berlin: Springer.
- Bartsch, R. (1999). Einsatz Technisches Hilfswerk (THW). In E. Hüls & H.-J. Oestern (Hrsg.), *Die ICE-Katastrophe von Eschede* (S. 80-84). Berlin: Springer.
- Bartsch, E., Hiesener, E. & Stahl, J. (2016). *Vorsichtung mit Smartwatches bei einem Massenfall von Verletzten*. Projektarbeit (Masterprojekt) im Rahmen des Studiengangs Medieninformatik, Universität zu Lübeck, Lübeck.
- Bayerisches Rotes Kreuz (2015). *Bayern Digital - Rettungsdienst Digital*. <https://www.rettungsdienst.brk.de/aktuell/presse-news/meldung/bayern-digital-rettungsdienst-digital.html> (Zugriff am 16.02.2023).

- Bayerisches Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr (2016). *Richtlinie zur Bewältigung von Ereignissen mit einem Massenansturm von Notfallpatienten und Betroffenen (MAN-RL)* i.d.F. vom 6. Dezember 2016.
- Beck, A., Bayeff-Filloff, M., Bischoff, M., Schneider, B. M. & AG Notfallmedizin der DGU (2002). Analyse der Inzidenz und Ursachen von Großschadensereignissen in einem süddeutschen Rettungsdienstbereich. *Der Unfallchirurg* 105, 968-973.
- Behrendt, H. & Schmiedel, R. (2003). Die aktuelle Infrastruktur des Rettungsdienstes in der Bundesrepublik Deutschland im zeitlichen Vergleich (Teil I). *Notfall & Rettungsmedizin* 6(7), 501–508.
- Berndt, H. (2015). *Nutzung interaktiver Datenbrillen bei der Bewältigung von Massenanstürmen von Verletzten*. Masterarbeit (M.Sc.) im Studiengang Informatik, Universität zu Lübeck, Lübeck.
- Berndt, H. & Herczeg, M. (2019a). An integrated Information and Decision-Support System for the Management of Mass Casualty Incidents. *14th IFAC Symposium on Analysis Design and Evaluation of Human Machine Systems (IFAC HMS), Tallinn*, 199-204.
- Berndt, H. & Herczeg, M. (2019b). The Role of Mental Models and Situation Awareness for Computer System Support in Mass Casualty Incident Management. *ECCE 2019: Proceedings of the 31st European Conference on Cognitive Ergonomics, Belfast*, 220-227.
- Berndt, H. & Herczeg, M. (2021). Stufenbasierte Automation für Aufgaben der Führungskräfte des Rettungsdienstes. *Mensch und Computer 2021, Workshopband*. <https://dl.gi.de/handle/20.500.12116/37415> (Zugriff am 15.09.2022).
- Berndt, H., Mentler, T. & Herczeg, M. (2015). Optical head-mounted displays in mass casualty incidents: keeping an eye on patients and hazardous materials. *International Journal of Information Systems for Crisis Response and Management (IJISCRAM)*, 7(3), 1-15.
- Berndt, H., Mentler, T. & Herczeg, M. (2016). Smartglasses for the triage of casualties and the identification of hazardous materials. *i-com*, 15(2), 145-153.
- Berndt, H., Mentler, T. & Herczeg, M. (2017). Automatisierung der Organisation beim Massenansturm von Verletzten. *Mensch und Computer 2017, Workshopband*, 17-24.
- Berndt, H., Mentler, T. & Herczeg, M. (2018). Menschzentrierte Entwicklung einer VR-Simulation für das Training von Notfällen mit vielen Verletzten. *Proceedings of DeLFI Workshops 2018, Frankfurt*. [http://ceur-ws.org/Vol-2250/WS\\_VRAR\\_paper1.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-2250/WS_VRAR_paper1.pdf) (Zugriff am 17.09.2022).

- Berndt, H., Wessel, D., Mentler, T. & Herczeg, M. (2018). Human-Centered Design of a Virtual Reality Training Simulation for Mass Casualty Incidents. *Proceedings - 10th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications*, 1-8.
- Berndt, H., Wessel, D., Willer, L., Herczeg, M. & Mentler, T. (2018). Immersion and Presence in Virtual Reality Training for Mass Casualty Incidents. *Proceedings of the 15th ISCRAM conference, Rochester*, 806-817.
- Bibliographisches Institut (2016). *Notfall*. <https://www.duden.de/rechtschreibung/Notfall> (Zugriff am 19.02.2023).
- Billings, C. E. (1997). *Aviation Automation. The Search for a Human-Centered Approach*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Birkholz, T., Huppertz, T. & Storz, M. (2016). *OrgL-Pflichtfortbildung 2016. Präsentationsfolien des Landesarbeitskreises OrgL*. LAK OrgL. Zertifizierungsstelle für OrgL in Bayern an der Staatlichen Feuerweherschule Geretsried.
- Bracht, M. (2017). MANV in schwierigem Terrain – Das Zugangsglück von Bad Aibling. In: P. Sefrin (Hrsg.), *Handbuch für den Leitenden Notarzt*, Loseblattwerk, 70. Erg.Lfg. 09/17, Landsberg: ecomed-Storck.
- Brauer, S., Bundt, L., Samek, F. & Stieglitz, P. (2019). *Konzeption und Implementierung eines Bahnunfall-Szenarios für die VR-MANV-Trainingssimulation sowie weitere Verbesserungen*. Projektarbeit (Masterprojekt) im Rahmen des Studiengangs Medieninformatik, Universität zu Lübeck, Lübeck.
- Brewster Ambulance Service (2023). *EPCR*. <https://brewsterfl.com/ePCR> (Zugriff am 19.02.2023).
- Broach, J., Hart, A., Griswold, M., Lai, J., Boyer, E. W., Skolnik, A. B. & Chai, P. R. (2018). Usability and reliability of smart glasses for secondary triage during mass casualty incidents. *Annual Hawaii International Conference on System Sciences 2018*, 1416-1422.
- Brüne, F. (2016). Sicherstellung der Erstversorgung beim MANV. Das Gießkannenprinzip. *Im Einsatz* 23(1), 32-34.
- Brüne, F. & Konings, R. (2016). OrgL-RD-Ausbildung in NRW. *Im Einsatz* 23(1), 38-41.
- Bubser, F., Callies, A., Schreiber, J. & Grüneisen, U. (2014). PRIOR: Vorsichtungssystem für Rettungsassistenten und Notfallsanitäter. *Rettungsdienst* 37(8), 730-734.
- Bundesagentur für Arbeit (2022). *Beschäftigte nach Berufen (KldB 2010) (Quartalszahlen)*. Nürnberg: Zentraler Statistik-Service der Bundesagentur für Arbeit.

- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2010a). *Neue Strategie zum Schutz der Bevölkerung in Deutschland*. Rheinbreitbach: MedienHaus Plump GmbH.
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2010b). *Ausstattungsatz, Beladepplan und Typenblatt für Notfallkrankswagen Typ B*. [https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Ergaenzende-Ausstattung/III5\\_Fahrzeuge\\_Ausstg/III5\\_Begleithefte/III6\\_Begleitheft\\_KTWTypB\\_7042\\_09.pdf](https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Ergaenzende-Ausstattung/III5_Fahrzeuge_Ausstg/III5_Begleithefte/III6_Begleitheft_KTWTypB_7042_09.pdf) (Zugriff am 01.09.2022).
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2015a). *Medizinische Task Force. Einsatz- und Führungsszenarien. Vorläufiger Konzeptstand*. <https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/MTF/Allgemeine-Grundlagen/mtf-einsatz-fuehrungsszenarien.pdf?blob=publicationFile> (Zugriff am 10.02.2023).
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2015b). *Glossar. Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS)*. [https://www.bbk.bund.de/DE/Infothek/Glossar/\\_functions/glossar.html?cms\\_lv2=19804&cms\\_lv3=64864](https://www.bbk.bund.de/DE/Infothek/Glossar/_functions/glossar.html?cms_lv2=19804&cms_lv3=64864) (Zugriff am 19.02.2023).
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2016). *6. Sichtungskonsensus-Konferenz, Arbeitsgruppe „Planungsverteilung“*. Protokoll. [https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Downloads/GesBevS/6\\_Kons-Konf\\_AG-Planungsver\\_Protokoll.html](https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Downloads/GesBevS/6_Kons-Konf_AG-Planungsver_Protokoll.html) (Zugriff am 15.04.2019).
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2017). *Medizinisches Management besonderer Lagen*. In U. Fuchs, N. Stein, P. Liemersdorf-Strunk (Hrsg.), *Bevölkerungsschutz 2/2017*. Paderborn: Bonifatius Druck.
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2018). *Rahmenkonzept Medizinische Task Force (MTF) für die Aufstellung und den Einsatz der Medizinischen Task Force*. [https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/MTF/Literaturhinweise/Rahmenkonzept-MTF.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/MTF/Literaturhinweise/Rahmenkonzept-MTF.pdf?__blob=publicationFile&v=6) (Zugriff am 27.08.2022).
- Bundesministerium des Innern (2009). *Bestimmungen für Frequenzuteilungen zur Nutzung für das Betreiben von Funkanlagen der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) - BOS-Funkrichtlinie*. Bek. d. BMI v. 7.9.2009 – B 5 – 670 001/1.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2009). *Forschung für die zivile Sicherheit. Schutz und Rettung von Menschen*. Paderborn: Bonifatius GmbH
- Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2021). *Gesetz zum autonomen Fahren tritt in Kraft*. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/gesetz-zum-autonomen-fahren.html> (Zugriff am 10.08.2022).

- Büschleb, N. (2019). *Entwicklung einer elektronischen Lagekarte mit Fiducial Marker-Integration für den Massenansturm von Verletzten*. Bachelorarbeit (B.Sc.) am Institut für Multimediale und Interaktive Systeme, Universität zu Lübeck, Lübeck.
- Carenzo, L., Barra, F. L., Ingrassia, P. L., Colombo, D., Costa, A. & Della Corte, F. (2015). Disaster medicine through Google Glass. *European Journal of Emergency Medicine*, 22(3), 222-225.
- Cicero, M. X., Walsh, B., Solad, Y., Whitfill, T., Paesano, G., Kim, K., Baum, C. R. & Cone, D. C. (2015). Do You See What I See? Insights from Using Google Glass for Disaster Telermedicine Triage. *Prehospital and Disaster Medicine*, 30(1), 4-8.
- Condat (2012). *Adaptive Lösungsplattform zur Aktiven technischen Unterstützung beim Retten von Menschenleben. Grundlegende Untersuchungen zur softwaretechnischen Plattform für den Informations- und Datenfluß*. Abschlussbericht. Berlin: Condat AG
- Dallmer-Zerbe, S., Kohlbrandt, H. & Willer, L. (2018). *Mehrspielermodus für eine MANV-VR-Trainingssimulation*. Projektarbeit (Masterprojekt) im Rahmen des Studiengangs Medieninformatik, Universität zu Lübeck, Lübeck.
- Dekker, S. W. & Woods, D. D. (2002). MABA-MABA or abracadabra? Progress on human-automation co-ordination. *Cognition, Technology & Work*, 4(4), 240-244.
- Deutscher Berufsverband Rettungsdienst (2017). *Muster-Algorithmen zur Umsetzung des Pyramidenprozesses im Rahmen des NotSanG. Version 2.0*. <https://www.dbrd.de/index.php/akt/aktuelles/338-die-komplett-ueberarbeitete-version-2-0-der-muster-algorithmen-zur-umsetzung-des-pyramidenprozesses-im-rahmen-des-notfallsanitaetergesetzes-ist-online> (Zugriff am 12.11.2018).
- Deutscher Bundestag (1989). *Beschlußempfehlung und Bericht des Verteidigungsausschusses als 1. Untersuchungsausschuß nach Artikel 45a Abs. 2 des Grundgesetzes*. Beschlussempfehlung für den Bundestag am 29. September 1989. Bonn
- Dörge, V., Heller, G., Reichel, J. & Callies, A. (2013). Mobile Datenerfassung im Rettungsdienst. *Der Notarzt* 29(04), 148-155.
- DRK-Kreisverband Stade (2017). *Katastrophenschutzübung. Als Metal-Retter in Wacken. Mensch. Magazin des Deutschen Roten Kreuzes, Kreisverband Stade e.V.* 7(4). [https://mehr-als-blaulich.de/images/mensch/0417\\_mensch\\_LOW.pdf](https://mehr-als-blaulich.de/images/mensch/0417_mensch_LOW.pdf) (Zugriff am 16.03.2023).

- DRK Landesschule Nordrhein (2022). *Führungskräfte im Rettungsdienst. Gruppenführer Rettungsdienst*. [https://www.drk-nordrhein.de/fileadmin/user\\_upload/Akademie/dokumente/DRK\\_Akademie\\_Programm22\\_interaktiv.pdf](https://www.drk-nordrhein.de/fileadmin/user_upload/Akademie/dokumente/DRK_Akademie_Programm22_interaktiv.pdf) (Zugriff am 12.02.2023).
- Durso, F. T. & Alexander, A. L. (2010). Managing workload, performance, and situation awareness in aviation systems. In E. Salas & D. Maurino (Hrsg.), *Human factors in aviation* (S. 217-247). Burlington: Academic Press.
- Eisenbahn-Unfalluntersuchungsstelle des Bundes (2017). *Zwischenbericht. Gefährliches Ereignis im Eisenbahnbetrieb. Zugkollision Bad Aibling – Kolbermoor*. Aktenzeichen 60uu2016-02/005-3323.
- Ellebrecht, N. (2013). Die Realität der Sichtung. Ergebnisse einer Befragung zur Sichtungsausbildung und MANV-Erfahrung von Notärzten und Rettungsassistenten. *Notfall + Rettungsmedizin*. 11(5), 369-376.
- Ellebrecht, N. & Latasch, L. (2012). Vorsichtung durch Rettungsassistenten auf der Großübung SOGRO MANV 500. *Notfall + Rettungsmedizin* 10(1), 58-64.
- Ellinger, K., Luiz, T. & Obenauer, P. (1997). Optimierte Einsatzdokumentation im Notarztdienst mit Hilfe von Pen-Computern – erste Ergebnisse. *AINS - Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie*, 32(8), 488-495.
- Endsley, M. R. (1987). The application of human factors to the development of expert systems for advanced cockpits. *Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting*, 31(12), 1388-1392.
- Endsley, M. R. (1988). Situation Awareness Global Assessment Technique (SAGAT). *Proceedings of the IEEE 1988 National Aerospace and Electronics Conference (NAECON)*, 789-795.
- Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37(1), 32-64.
- Endsley, M. R. (1996). Automation and situation awareness. In: R. Parasuraman & M. Mouloua (Hrsg.), *Automation and human performance: Theory and applications* (S. 163-181). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Endsley, M. R. (2000). Direct measurement of situation awareness: Validity and use of SAGAT. In M. R. Endsley & D. J. Garland (Hrsg.), *Situation Awareness Analysis and Measurement* (S. 129-156). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.

- Endsley, M. R. & Jones, W. M. (2001). A model of inter- and intrateam situation awareness: Implications for design, training and measurement. In: M. McNeese, E. Salas & M. Endsley (Hrsg.), *New trends in cooperative activities: Understanding system dynamics in complex environments*, Santa Monica: Human Factors and Ergonomics Society
- Endsley, M. R. & Kiris, E. O. (1995). The out-of-the-loop performance problem and level of control in automation. *Human Factors*, 37(2), 381–394.
- Ephrath, A. R. & Young, L. R. (1981). Monitoring vs. Man-in-the-Loop Detection of Aircraft Control Failures. In J. Rasmussen & W. B. Rouse (Hrsg.), *Human Detection and Diagnosis of System Failures. NATO Conference Series Vol. 15*. Boston: Springer.
- Euro-DMS (2012). *Vorhaben e-Triage. Schlussbericht*. <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb13/749927240.pdf> (Zugriff am 16.03.2023).
- Fach, H. (2016). Oberbergisches MANV-Konzept. Gründe für die Neuausrichtung. *Im Einsatz* 23(1), 26-28.
- Fast, N. (2020). *Entwicklung einer Komponente zur Simulation von Abläufen für ein MANV-Führungssystem*. Bachelorarbeit (B.Sc.) am Institut für Multimediale und Interaktive Systeme, Universität zu Lübeck, Lübeck.
- Feuerwehrmagazin (2012). *Übungsmessung führt zu brisantem Ergebnis*. <http://www.feuerwehrmagazin.de/nachrichten/news/ubungsmessung-fuhrt-zu-brisantem-ergebnis-28880> (Zugriff am 11.07.2016).
- Fiebach, J. (1999). *Der Organisatorische Leiter Rettungsdienst*. Hausarbeit zur Staatsprüfung für den höheren feuerwehrtechnischen Dienst, Berufsfeuerwehr Leverkusen, Siegen
- Fischer, P. & Bail, H. (2010). Massenansturm von Verletzten. In C. G. Wölfl & G. Matthes (Hrsg.), *Unfallrettung. Einsatztaktik, Technik und Rettungsmittel*. (S. 50-64). Stuttgart: Schattauer GmbH.
- Fitts, P. M. (1951). *Human engineering for an effective air navigation and traffic control system*. Ohio State University Research Foundation Report. Columbus: Ohio State University.
- Flemisch, F. O., Kelsch, J., Löper, C., Schieben, A. & Schindler, J. (2008). Automation spectrum, inner/outer compatibility and other potentially useful human factors concepts for assistance and automation. In D. de Waard, F.O. Flemisch, B. Lorenz, H. Oberheid & K.A. Brookhuis (Hrsg.), *Human Factors for assistance and automation* (S. 1 - 16). Maastricht: Shaker Publishing.

- Follmann, A., Ohligs, M., Hochhausen, N., Beckers, S. K., Rossaint, R. & Czaplik, M. (2019). Technical support by Smart Glasses during a mass casualty incident: A randomized controlled simulation trial on technically assisted triage and telemedical app use in disaster medicine. *Journal of Medical Internet Research*, 21(1), e11939.
- Forplan Dr. Schmiedel (2010). *Hilfsfrist Bundesländer*. [http://bitablage.de/tl\\_files/downloads/Hilfsfrist%20Bundeslaender.pdf](http://bitablage.de/tl_files/downloads/Hilfsfrist%20Bundeslaender.pdf) (Zugriff am 19.02.2023).
- Forrester, J.W. (1971). Counterintuitive Behavior of Social Systems. *Theory and Decision*, 2(2), 109-140.
- Franke, T., Attig, C. & Wessel, D. (2019). A Personal Resource for Technology Interaction: Development and Validation of the Affinity for Technology Interaction (ATI) Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 35(6), 456-467.
- Frankfurter Allgemeiner Zeitung (2002). *Chronologie des Zugunglücks*. <http://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/eschede-prozess-chronologie-des-zugungluecks-171777.html> (Zugriff am 15.03.2023).
- Geier, W. (2002). *Für eine neue Strategie zum Schutz der Bevölkerung in Deutschland – Überlegungen für eine gemeinsame Rahmenkonzeption zur Weiterentwicklung des Zivilschutzes*. Entwurf eines Grundsatzpapiers für das Bundesministerium des Innern und den Arbeitskreis V der Innenministerkonferenz. Bad Neuenahr-Ahrweiler: Akademie für Krisenmanagement, Notfallplanung und Zivilschutz.
- Genzwürker, H. & Ellinger, K. (2011). Einsatztaktik beim Massenansturm von Verletzten/Erkrankten. In: K. Ellinger, H. Genzwürker (Hrsg.), *Kursbuch Notfallmedizin* (2. Auflage). Köln: Deutscher Ärzteverlag
- Getac (2019). *Ambulance: Electronic Patient Care Reporting (EPCR)*. <https://www.getac.com/en/public-safety/ambulance-electronic-patient-care-reporting/> (Zugriff am 10.01.2023).
- Google (2013). *Google Glass How-to: Getting Started*. <https://www.youtube.com/watch?v=4EvNxWhskf8> (Zugriff am 16.03.2023).
- Grafe, R. (2010). *Die Hochgeschwindigkeitskatastrophe*. *Süddeutsche Zeitung*. <http://www.sueddeutsche.de/panorama/zehn-jahre-nach-dem-bahnunfall-von-eschede-die-hochgeschwindigkeitskatastrophe-1.193266> (Zugriff am 10.01.2023).
- Gräfe, G. (2016). *Dokumentationsqualität in der notfallmedizinischen Versorgung*. Masterarbeit (M.Sc.) im Studiengang Angewandte Gesundheitswissenschaften, Westsächsische

- Hochschule Zwickau, Zwickau. [https://libdoc.fh-zwickau.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/9364/file/Master\\_Thesis\\_Druck.pdf](https://libdoc.fh-zwickau.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/9364/file/Master_Thesis_Druck.pdf) (Zugriff am 16.03.2023).
- Grün, O. (2014). Nachlese. In O. Grün, A. Schenker-Wicki: *Katastrophenmanagement* (S. 271-284). Wiesbaden: Springer Gabler.
- Grütz, H. (2016). Oberbergischer Kreis: Themenfelder des neuen MANV-Konzepts. *Im Einsatz* 23(1), 29-31.
- Gundlach, B. (2012). Elektronische Dokumentation, Verarbeitung und Weitergabe der Daten im Rettungsdienst unter den besonderen Voraussetzungen eines MAnV Szenarios inklusive Datenflussmodelle. 1. *Symposium ICT in der Notfallmedizin*. <http://www.egms.de/static/resources/meetings/notit2012/Abstractband.pdf> (Zugriff am 16.03.2023).
- Günschmann, D., Kersten, T., Rösch, J. N., Schumacher, T. & Thiele, N. (2016). *Entwicklung einer Virtual-Reality-Trainings-Simulation für die Vorsichtung bei einem Massenanfall von Verletzten*. Projektarbeit (Bachelorprojekt) im Rahmen des Studiengangs Informatik, Universität zu Lübeck, Lübeck.
- Hampton, M. E. (2016). *Enhanced FAA Oversight Could Reduce Hazards Associated With Increased Use of Flight Deck Automation*, Audit Report AV-2016-03, Office of Inspector General for the Department of Transportation.
- Hecker, D., Döbel, I., Petersen, U., Rauschert, A., Schmitz, V., Voss, A. (2017). *Zukunftsmarkt künstliche Intelligenz. Potentiale und Anwendungen*. Fraunhofer-Allianz Big Data. [https://www.iais.fraunhofer.de/content/dam/bigdata/de/documents/Publikationen/KI-Potenzialanalyse\\_2017.pdf](https://www.iais.fraunhofer.de/content/dam/bigdata/de/documents/Publikationen/KI-Potenzialanalyse_2017.pdf) (Zugriff am 16.03.2023).
- Hegemann, J.-E. (2019). *Freiwillige Einheiten mit bis zu 1.500 Einsätzen in 2018*. Feuerwehr-Magazin. <https://www.feuerwehrmagazin.de/nachrichten/news/freiwillige-einheiten-mit-bis-zu-1-500-einsaetzen-in-2018-87463> (Zugriff am 20.08.2022).
- Heller, A. R., Brüne, F., Kowalzik, B. & Wurmb, T. (2018). Großschadenslagen: Neue Konzepte zur Sichtung. *Deutsches Ärzteblatt*, 115(31-32), 1432-1433.
- Heller, A. R., Salvador, N., Frank, M., Schiffner, J., Kipke, R. & Kleber, C. (2017). Diagnostische Güte von Vorsichtungs-Algorithmen für den Massenanfall von Verletzten und Erkrankten. *Der Anaesthetist*, 66(10), 762-772.
- Hemie, T., Kondratyan, M. & Schalk, L., Schröder, M. & Wanali, W. A. A. (2019). *Erweiterung der mobilen Anwendungen (Smartwatch/Datenbrille) für die Vorsichtung beim*

*Massenanfall von Verletzten*. Projektarbeit (Bachelorprojekt UI- und Mediendesign) im Rahmen des Studiengangs Medieninformatik, Universität zu Lübeck, Lübeck.

- Herczeg, M. (2014). *Prozessführungssysteme: Sicherheitskritische Mensch-Maschine-Systeme und interaktive Medien zur Überwachung und Steuerung von Prozessen in Echtzeit*. München: De Gruyter Oldenbourg.
- Herczeg, M. (2018). *Software-Ergonomie: Theorien, Modelle und Kriterien für gebrauchstaugliche interaktive Computersysteme*. Berlin: De Gruyter Oldenbourg.
- Hessisches Ministerium des Innern und für Sport (2012). *KatSDV 400 HE. Der Sanitätszug im Katastrophenschutz des Landes Hessen*. <https://hlfs.hessen.de/sites/hlfs.hessen.de/files/content-downloads/KatSDV%20400.pdf> (Zugriff am 25.08.2022).
- Holger Martiker IT Services (2018). *REV PlusPatientenmanagement*. <https://www.einsatzverwaltung.de/cms/rev-plus/patientenmanagement> (Zugriff am 05.06.2018).
- Hilgers, A. & Bondick, R. (2008). *Einsatzkonzept Massenanfall von Verletzten. Landeshauptstadt Magdeburg*. [https://www.magdeburger-katastrophenschutz.de/files/fortbildung/einsatzkonzept\\_manv\\_lhs\\_magdeburg\\_2008nov26.pdf](https://www.magdeburger-katastrophenschutz.de/files/fortbildung/einsatzkonzept_manv_lhs_magdeburg_2008nov26.pdf) (Zugriff am 16.03.2023).
- Holl, P. (2008). Simulation in der Prozessführung. In: Schuler, H. (Hrsg.), *Prozeßsimulation* (S. 203-231). Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft.
- Holl, P. & Schuler, H. (1992). Simulatoren zur Unterstützung der Prozeß- und Betriebsführung. *Chemie Ingenieur Technik*, 64(8), 679-692.
- Holle, P. M. & Pohl-Meuthen, U. (2002). *Rettungsdienst im Großschadensfall. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bd. M142*. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- Hollnagel, E. (2003). The role of Automation in joint cognitive systems. *IFAC Proceedings Volumes*, 36(22), 9-11.
- Holtz, J. (2018). *Entwicklung eines Moduls zum Fahrzeugmanagement in einem Unterstützungssystem für Führungskräfte des Rettungsdienstes*. Bachelorarbeit (B.Sc.) am Institut für Multimediale und Interaktive Systeme, Universität zu Lübeck, Lübeck.
- Hoyos, C. (1990). Menschliches Handeln in technischen Systemen. In C. Hoyos & B. Zimolong (Hrsg.), *Ingenieurpsychologie. Enzyklopädie der Psychologie*, Band 2 (S.1-30). Göttingen: Hogrefe.
- Hufschmidt, G., Schrott, L., Simmer, C., Krahe, P., Reicherter, K., Rechenbach, P., Plattner, H.-P., ... Sass, H.-M. (2017). Bewältigung. In H. Karutz, W. Geier & T. Mitschke (Hrsg.),

- Bevölkerungsschutz. Notfallvorsorge und Krisenmanagement in Theorie und Praxis* (S. 225-323). Berlin: Springer.
- Hüls, E. (1999). Einsatz Rettungsdienst. In E. Hüls & H.-J. Oestern (Hrsg.), *Die ICE-Katastrophe von Eschede* (S. 3-29). Berlin: Springer.
- Hüls, E. & Oestern, H.-J. (1999). *Die ICE-Katastrophe von Eschede*. Berlin: Springer.
- Hutchinson, J. E. (1986). *The Advantages of a Primary Flight Display*. SAE Aerospace Technology Conference and Exposition. Technical Paper 861730.
- Ingenieurbüro Müller (2018). *Einsatzdokumentation, Fahrzeugübersicht*. <http://www.ingenieurbuero-dm.de/index.php/mueprojekte/mueeinsatzdoku> (Zugriff am 05.06.2018).
- Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement (2022). *Rettungsdienstbericht Bayern 2022*. [https://www.stmi.bayern.de/assets/stmi/sus/rettungswesen/rd\\_bericht\\_2022.pdf](https://www.stmi.bayern.de/assets/stmi/sus/rettungswesen/rd_bericht_2022.pdf) (Zugriff am 18.03.2023).
- ITK Engineering (2019). *Schnellere Versorgung im Katastrophenfall. Referenz-Story*. [https://www.itk-engineering.de/wp-content/uploads/2018/09/itk\\_engineering\\_de\\_referenz\\_story\\_rescuewave.pdf](https://www.itk-engineering.de/wp-content/uploads/2018/09/itk_engineering_de_referenz_story_rescuewave.pdf) (Zugriff am 28.10.2021).
- Jones, D. G. & Endsley, M. R. (2000). Overcoming Representational Errors in Complex Environments. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 42(3), 367-378.
- Kaber, D. B. & Endsley, M. R. (2004). The effects of level of automation and adaptive automation on human performance, situation awareness and workload in a dynamic control task. *Theoretical Issues in Ergonomics Science* 5(2), 113-153.
- Kanz, K., Hornburger, P., Kay, M., Mutschler, W. & Schäuble, W. (2006). mSTaRT-Algorithmus für Sichtung, Behandlung und Transport bei einem Massenansturm von Verletzten. *Notfall + Rettungsmedizin*, 9(3), 264–270.
- Kappert, T. (2019). *Entwicklung eines Moduls für die Transportorganisation bei Massenanstürmen von Verletzten*. Bachelorarbeit (B.Sc.) am Institut für Multimediale und Interaktive Systeme, Universität zu Lübeck, Lübeck.
- Karlsten, R. & Sjoqvist, B. A. (2000). Telemedicine and decision support in emergency ambulances in Uppsala. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 6(1), 1-7.
- Killeen, J. P., Chan, T. C., Buono, C. J., Griswold, W. G. & Lenert, L. A. (2006). A wireless first responder handheld device for rapid triage, patient assessment and documentation during mass casualty incidents. *AMIA Annual Symposium Proceedings 2006*, 429–433.

- Kindsmüller, M. C., Mentler, T., Herczeg, M. & Rumland, T. (2011). Care & Prepare – Usability Engineering for Mass Casualty Incidents. *Proceedings of the 1st International Workshop on Engineering Interactive Computing Systems for Medicine and Health Care (EICS4Med) 2011, Pisa*, 30-35.
- Kleiber, S. (2016). Zuganglück Bad Aibling. *kreuz + quer. Aktivenmagazin BRK-Kreisverband Rosenheim*. 5(1).
- Knight, J. (2007). The Glass Cockpit. *Computer*, 40(10), 92-95.
- Kondratyan, M. (2019). *Entwicklung eines Moduls zur Datenerfassung und Management auf Behandlungsplätzen*. Bachelorarbeit (B.Sc.) am Institut für Multimediale und Interaktive Systeme, Universität zu Lübeck, Lübeck.
- König, C. (2012). *Analyse und Anwendung eines menschenzentrierten Gestaltungsprozesses zur Entwicklung von Human-Machine-Interfaces im Arbeitskontext am Beispiel Flugsicherung*. Dissertation (Dr. phil.) im Fachbereich Maschinenbau, Technische Universität Darmstadt, Darmstadt.
- Kreis Minden-Lübbecke (2016). *Einsatzplan. Schadensereignisse mit einer größeren Anzahl Verletzter oder Erkrankter im Kreis Minden-Lübbecke. Version 1.2*. [https://www.minden-luebbecke.de/media/custom/1891\\_4727\\_1.PDF](https://www.minden-luebbecke.de/media/custom/1891_4727_1.PDF) (Zugriff am 16.03.2023).
- Kreis Olpe (2018). *Einsatzkonzept MANV*. Version: 002 vom 12.05.2018. <https://www.kreis-olpe.de/output/download.php?fid=3125.111.1.PDF> (Zugriff am 16.03.2023).
- Kreis Segeberg (2016). *Erstintreffende Rettungsmittel bei Größerem Notfall*. [https://www.segeberg.de/media/custom/1822\\_340\\_1.PDF?1468341110](https://www.segeberg.de/media/custom/1822_340_1.PDF?1468341110) (Zugriff am 15.06.2021).
- Kreis Steinfurt (2019). *Vorplanung für die Bewältigung großer (medizinischer) Schadenslagen im Kreis Steinfurt*. [https://www.kreis-steynfurt.de/kv\\_steynfurt/Ressourcen/Amt%20f%C3%BCr%20Bev%C3%B6lkerungsschutz/Rettungsdienst/MANV%20Konzept%20Kreis%20Steynfurt%202019.pdf](https://www.kreis-steynfurt.de/kv_steynfurt/Ressourcen/Amt%20f%C3%BCr%20Bev%C3%B6lkerungsschutz/Rettungsdienst/MANV%20Konzept%20Kreis%20Steynfurt%202019.pdf) (Zugriff am 16.03.2023).
- Kreis Stormarn (2012). *Alarm- und Einsatzplan GröNo Kreise Stormarn und Herzogtum Lauenburg*. 3. Änderung April 2012. FD Recht und Gefahrenabwehr.
- Kriz, Z. & Ruatti, D. (2000). 10th anniversary of the International Nuclear Event Scale (INES). *ENS PIME 2000. 12th international workshop on nuclear public information in practice, Ljubljana*. [https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig\\_q=RN:36034523](https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:36034523) (Zugriff am 02.02.2023).

- Krüger-Brand, H. E. (2014). Telemedizin in Bayern: Mobile Lösung für den Rettungsdienst. *Deutsches Ärzteblatt* 111(45), 13.
- Kuhn, T. (2021). *Warum das Milliarden-Netz ausgerechnet in der Katastrophe versagt hat*. Wirtschaftswoche. <https://www.wiwo.de/technologie/digitale-welt/digitaler-polizeifunk-warum-das-milliarden-netz-ausgerechnet-in-der-katastrophe-versagt-hat/27454406.html> (Zugriff am 28.11.2022).
- Künzel, G. (2008). *MANV im Rettungsdienst. Aufgaben des ersteintreffenden Rettungsmittels*. [http://www.sanzug-guestrow.de/download/MANV\\_nonregional.pdf](http://www.sanzug-guestrow.de/download/MANV_nonregional.pdf) (Zugriff am 16.03.2023).
- Ladehof, K. (2015). Triage und MASCAL/MANV. In C. Neitzel & K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin. Notfallmedizin und Einsatzmedizin*. 2. Auflage. (S. 175-197). Heidelberg: Springer.
- Landespolizeiamt Schleswig-Holstein (2015). *Sprechfunkverkehr der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben. Funkrufnamen der Feuerwehr, des Rettungsdienstes und des Katastrophenschutzes im Bereich der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben*. Erlass PVA 316 – 84.28, in Kraft getreten am 01.07.2015.
- Lange, C. (1999). Einsatz Feuerwehr. In E. Hüls & H.-J. Oestern (Hrsg.), *Die ICE-Katastrophe von Eschede* (S. 71-79). Berlin: Springer.
- Lamers, C. (2016). Lagebewertung in Führungsstäben der Feuerwehr. In G. Hofinger & R. Heilmann (Hrsg.), *Handbuch Stabsarbeit. Führungs- und Krisenstäbe in Einsatzorganisationen, Behörden und Unternehmen*. Berlin: Springer.
- Lawatschek, R., Düsterwald, S., Wirth, C. & Schröder, T. (2012). ALARM: A Modular IT Solution to Support and Evaluate Mass Casualty Incident (MCI) Management. *Proceedings of the 9th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management ISCRAM, Vancouver*.
- Lenert, L. A., Palmer, D. A., Chan, T. C. & Rao, R. (2005). An intelligent 802.11 triage tag for medical response to disasters. *AMIA annual symposium proceedings 2005*, 440–444.
- Lessing, P. (2007) Abdominal- und Thoraxtrauma. In K. Ellinger, P. M. Osswald & H. Genzwürker (Hrsg.), *Kursbuch Notfallmedizin*. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.
- Löper, C. (2019). *Manöverbasierte kooperative Automation für teil- und hochautomatisiertes Fahren*. Dissertation (Dr.-Ing.) an der Fakultät für Maschinenbau, Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, Braunschweig.

- Lohs, T., Wnent, J. & Jakisch, B. (2018). Dokumentation und Qualitätsmanagement im Rettungsdienst. *Notfallmedizin up2date*, 13(04), 391-406.
- Ludwig, B. (2015). *Planbasierte Mensch-Maschine-Interaktion in multimodalen Assistenzsystemen*. Berlin: Springer Vieweg.
- Maier, R. & Röckelein, W. (1999). *An Inter-Organisational System to Support Emergency Care Process Chains. The NOAH Project*. Forschungsbericht des Dept. for Management Information Systems. Regensburg: Universität Regensburg,
- Marwedel, P. (2008). *Eingebettete Systeme*. Berlin: Springer.
- medDV (2022). *MANV. Sicher und mit Übersicht agieren. Webseite zum NIDA-System*. <https://www.meddv.de/de/11-produkte-und-loesungen/einsatzdokumentation/18-manv> (Zugriff am 08.06.2022).
- medDV (2023). *medDV Effiziente Systemlösungen für das Rettungswesen. Produkte*. <https://www.meddv.de/> (Zugriff am 16.03.2023).
- Mentler, T. (2015). *Gebrauchstaugliche mobile Computersysteme im Regel- und Ausnahmebetrieb von Rettungsdiensten*. Dissertation, Universität zu Lübeck, Lübeck.
- Mentler, T., Berndt, H., Wessel, D. & Herczeg, M. (2017). Usability Evaluation of Information Technology in Disaster and Emergency Management. *Information Technology in Disaster Risk Reduction First IFIP TC 5 DCITDRR International Conference, ITDRR 2016, Sofia*, 46-60.
- Mentler, T. & Herczeg, M. (2013). Routine- und Ausnahmebetrieb im mobilen Kontext des Rettungsdienstes. In S. Boll, S. Maaß & R. Malaka (Hrsg.), *Mensch & Computer 2013* (S. 109-118). München: Oldenbourg Verlag.
- Mentler, T. & Herczeg, M. (2014). Human Factors and Ergonomics in Mobile Computing for Emergency Medical Services. *Advances in Human Aspects of Healthcare. Proceedings of the 5th AHFE Conference*, 405-416.
- Mentler, T. & Herczeg, M. (2015). Interactive cognitive artifacts for enhancing situation awareness of incident commanders in mass casualty incidents. *Journal of Interaction Science*, 3(1), 7.
- Mentler, T., Jent, S. & Herczeg, M. (2013). *Ein interaktives Trainingssystem zur Nutzung mobiler computerbasierter Werkzeuge bei rettungsdienstlichen Großeinsätzen*. 55. Fachauschusssitzung Anthropotechnik der DGLR: Ausbildung und Training in der Fahrzeug- und Prozessführung.

- Mentler, T., Kindsmüller, M. C., Rumland, T. & Herczeg, M. (2010). Eingabegeräte und Eingabeverfahren im Kontext beanspruchender Tätigkeiten bei Massenanfällen von Verletzten. *Konferenz Innovative Interaktionstechnologien für Mensch-Maschine-Schnittstellen 2010*, 257-271.
- Mentler, T., Kindsmüller, M. C., Herczeg, M. & Rumland, T. (2011). Eine benutzer- und aufgabenorientierte Analyse zu mobilen Anwendungssystemen bei Massenanfällen von Verletzten. *Workshop zur IT-Unterstützung von Rettungskräften, Informatik 2011, Berlin*.
- Mentler, T., Kutschke, R., Herczeg, M. & Kindsmüller, M. C. (2013). Marking Menus im sicherheitskritischen mobilen Kontext am Beispiel des Rettungsdienstes. *Proceedings der Informatik 2013, Koblenz*, 1577-1590.
- Mentler, T., Rasim, T., Winter, M. & Herczeg, M. (2018). Ensuring usability of future smart energy control room systems. *Energy Informatics*, 1, 167-182.
- Miller, C. A. & Parasuraman, R. (2007). Designing for flexible interaction between humans and automation: Delegation interfaces for supervisory control. *Human factors*, 49(1), 57-75.
- Müller, P. H. J. (1998). Einsatztaktik beim Massenanfall von Verletzten/Erkrankten, Leitender Notarzt. In K. Ellinger, P.M. Osswald & K. Stange (Hrsg.), *Fachkundenachweis Rettungsdienst*. 2. Auflage. (S. 537-551). Berlin: Springer.
- National Highway Traffic Safety Administration (2017). *Automated Driving Systems 2.0. Voluntary Guidance*. <https://www.nhtsa.gov/document/automated-driving-systems-20-voluntary-guidance> (Zugriff am 15.06.2021).
- Nestler, S. & Klinker, G. (2007). Using Mobile Hand-Held Computers in Disasters. *UbiComp Workshop on Interaction with Ubiquitous Wellness and Healthcare Applications (UbiWell)*, Innsbruck.
- Neuss, T. & Denschstädt, S. (2015). Dynamische Patientensimulation in der Fortbildung. In Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Hrsg.), *Bevölkerungsschutz 2/20175*. Paderborn: Bonifatius Druck.
- Ohlhoff, T. (1999). Einsatz des Sanitäts- und Betreuungsdienstes. In E. Hüls & H.-J. Oestern (Hrsg.), *Die ICE-Katastrophe von Eschede* (S. 41-46). Berlin: Springer.
- Örtliche Einsatzleitung Rettungsdienst Landkreis Cuxhaven (2018). *MANV 15 / Übung Kreisfeuerwehrebereitschaft Cuxhaven-Süd*. <https://elrd-lk-cux.de/manv-15-uebung-kreisfeuerwehrebereitschaft-cuxhaven-sued/> (Zugriff am 16.04.2019).

- Pallett, E. H. J. (1981). *Aircraft Instruments: Principles and Applications*. London: Pitman Publishing Limited.
- Pataki, K., Sachse, K., Prümper, J. & Thüring, M. (2006). ISONORM 9241/10-S: Kurzfragebogen zur Software-Evaluation. *Berichte über den 45. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie*, 258-259.
- Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (2020). *Digitalisierung gestalten. Umsetzungsstrategie der Bundesregierung*. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/digitalisierung-gestalten-1605002> (Zugriff am 15.03.2023).
- Prignitz, K. (2015). *Zur digitalen Datenerfassung: Rettungsdienste erhalten Tablet-PCs*. Lippische Landes-Zeitung. [https://www.lz.de/lippe/kreis\\_lippe/20649363\\_Zur-digitalen-Datenerfassung-Rettungsdienste-erhalten-Tablet-PCs.html](https://www.lz.de/lippe/kreis_lippe/20649363_Zur-digitalen-Datenerfassung-Rettungsdienste-erhalten-Tablet-PCs.html) (Zugriff am 16.03.2023).
- Projektgruppe Digitalfunk BOS Schleswig-Holstein (2015). *Verzeichnis einheitlicher Schadenarten für die Alarmierung des Brand-, Katastrophenschutz- und Rettungsdienstes in Schleswig-Holstein. UAG Einsatzstichworte. Version 3.2 „KRLS-West“*. [http://www.stfv-hl.de/wp-content/uploads/2017/06/einsatzstichworte\\_bos\\_schleswig-holstein\\_stand\\_15.06.2015.pdf](http://www.stfv-hl.de/wp-content/uploads/2017/06/einsatzstichworte_bos_schleswig-holstein_stand_15.06.2015.pdf) (Zugriff am 10.08.2022).
- Prümper, J. (1997). Der Benutzungsfragebogen ISONORM 9241/10: Ergebnisse zur Reliabilität und Validität. In R. Liskowsky, B.M. Velichkovsky & W. Wünschmann (Hrsg.), *Software-Ergonomie '97 – Usability Engineering: Integration von Mensch-Computer-Interaktion und Software-Entwicklung* (S. 253-262). Stuttgart: Teubner.
- Prümper, J. & Anft, M. (1993). Die Evaluation von Software auf Grundlage des Entwurfs zur internationalen Ergonomie-Norm ISO 9241 Teil 10 als Beitrag zur partizipativen Systemgestaltung - ein Fallbeispiel. In K.H. Rödiger (Hrsg.), *Software-Ergonomie '93 – Von der Benutzungsoberfläche zur Arbeitsgestaltung* (S. 145-156). Stuttgart: Teubner.
- Quirini (1999). Sichtung und Bergung. In E. Hüls & H.-J. Oestern (Hrsg.), *Die ICE-Katastrophe von Eschede* (S. 30-33). Berlin: Springer
- Reng, C.-M. (2002). Bedeutung der elektronischen Datenverarbeitung für die Notfallmedizin in Deutschland. *Intensivmedizin und Notfallmedizin* 39, 686–693.
- Rettungsdienst-Kooperation in Schleswig-Holstein (2017). *Der Kreis Steinburg probt den Katastrophenfall*. <https://www.rkish.de/aktuelles/details/der-kreis-steinburg-probt-den-katastrophenfall.html> (Zugriff am 10.03.2023).

- Rettungsdienst-Kooperation in Schleswig-Holstein (2018). *Digitale Dokumentation im Rettungsdienst der RKiSH und der Landeshauptstadt Kiel*. Artikel vom 18. Dezember 2018. <https://www.rkish.de/aktuelles/details/digitale-dokumentation-im-rettungsdienst-der-rkish-und-der-landeshauptstadt-kiel.html> (Zugriff am 10.03.2023).
- Rettungsdienst-Kooperation in Schleswig-Holstein (2020). *RKiSH-Rettungswache von innen*. <https://www.rkish.de/rkish-rettungswache-von-innen.html> (Zugriff am 10.03.2023).
- Rich, E., Knight, K. & Nair, S.B. (2009). *Artificial Intelligence*. Third Edition. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd.
- Rörtgen, D., Bergrath, S., Rossaint, R., Beckers, S. K., Fischermann, H., Na, I. S., ... & Skorning, M. (2013). Comparison of physician staffed emergency teams with paramedic teams assisted by telemedicine—a randomized, controlled simulation study. *Resuscitation*, 84(1), 85-92.
- Rouse, W. B. & Morris, N. M. (1986). On looking into the black box: Prospects and limits in the search for mental models. *Psychological Bulletin*, 100(3), 349-363.
- Rück, J. (2020). *Entwicklung einer Smartphone-App zur Unterstützung erster Rettungskräfte beim MANV*. Bachelorarbeit (B.Sc.) am Institut für Multimediale und Interaktive Systeme, Universität zu Lübeck, Lübeck.
- Sauerland, J. (2018). *Entwicklung eines Moduls zum Verletztenmanagement in einem Unterstützungssystem für Führungskräfte im Rettungsdienst*. Bachelorarbeit (B.Sc.) am Institut für Multimediale und Interaktive Systeme, Universität zu Lübeck, Lübeck.
- Sautter, J., Schneider, F., Kippnich, U., Wirth, S., Habermann, M., Siebel, C., Kippnich, M., ... & Max, M. (2016). *Durchführung und Auswertung von MANV-Übungen*. DRK-Service GmbH: Berlin.
- Scerbo, M. W. (1996). Theoretical Perspectives on Adaptive Automation. In R. Parasuraman & M. Mouloua (Hrsg.), *Automation and human performance* (S. 37-63). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Scharf, F., Wolters, C., Herczeg, M. & Cassens, J. (2013). Cross-Device Interaction. Definition, Taxonomy and Applications. *AMBIENT 2013, Porto*, 35-41.
- Schäfer, R. (1968). Die neue Konzeption, Erweiterung des Katastrophenschutzes im Rahmen der Zivilschutzplanung. *Ziviler Bevölkerungsschutz* 13(3), 3-5.

- Schalk, L. (2020). *Entwicklung der Übersichts- und Dokumentationsansichten eines Unterstützungssystems für Führungskräfte im Rettungsdienst*. Bachelorarbeit (B.Sc.) am Institut für Multimediale und Interaktive Systeme, Universität zu Lübeck, Lübeck.
- Scheffler, M. (2014). *Der Rettungsdienst in Schleswig-Holstein im Jahr 2025. Die Herausforderungen des demografischen und strukturellen Wandels mit den Auswirkungen auf Kosten, Leistungen und Personal anhand einer Modellrechnung der RKiSH gGmbH*. Heide: Rettungsdienst-Kooperation in Schleswig-Holstein.
- Schiefer, G. (2015). *Sicherer mobiler Zugriff auf Unternehmensdaten*. Dissertation an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften am Karlsruher Institut für Technologie. Norderstedt: Books on Demand.
- Schilberg (2017). Besonderheiten dynamischer Einsatzlagen mit kriminellem Hintergrund. In Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Hrsg.), *Bevölkerungsschutz 11(2)*. 10-12.
- Schiller, J. H., Gerhold, L., Voss, M. & Dittmer, C. (2014). *Organisationsstudie „Steuerungsmöglichkeiten für einen zukunfts- und leistungsfähigen Katastrophenschutzdienst in Schleswig-Holstein unter den Gesichtspunkten der Ehrenamtlichkeit sowie veränderter gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen“*. Freie Universität Berlin. [https://www.polsoz.fu-berlin.de/ethnologie/forschung/arbeitsstellen/katastrophenforschung/news/2\\_news\\_dokumente/Organisationsstudie\\_Katastrophenschutzes\\_SH-Bericht\\_final.pdf](https://www.polsoz.fu-berlin.de/ethnologie/forschung/arbeitsstellen/katastrophenforschung/news/2_news_dokumente/Organisationsstudie_Katastrophenschutzes_SH-Bericht_final.pdf) (Zugriff am 01.09.2022).
- Schlie, J.F. (2014). *Vergleichende Analyse mobiler Datenerfassungssysteme im Rettungsdienst*. Bachelorarbeit (B.Eng.) im Studiengang Rettungsingenieurwesen. Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Hamburg.
- Schmiedel, R. (1998). *Analyse organisatorischer Strukturen im Rettungswesen*. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, M 100. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.
- Schönegg, M. & Bolz, A. (2000). Vom Defibrillator zum AED/PAD. *Biomedizinische Technik/Biomedical Engineering*, 45(s1), S. 294-295.
- Schuldt, A. (2020). *Entwicklung eines interaktiven Tutorials sowie des Datenaustausches für eine VR-Trainingssimulation für Rettungskräfte*. Bachelorarbeit (B.Sc.) am Institut für Multimediale und Interaktive Systeme, Universität zu Lübeck, Lübeck.
- Schütz, M. (2018). „Die Rettungsorganisation hat sich nach Eschede weiterentwickelt“ – Interview mit dem Unfallmediziner Ewald Hüls. <https://sozialtheoristen.de/2018/06/03/die->

- rettungsorganisation-hat-sich-nach-eschede-weiterentwickelt-interview-mit-dem-unfall-mediziner-ewald-huels/ (Zugriff am 16.03.2023).
- Schweigkofler, U., Reimertz, C., Auhuber, T. C., Jung, H. G., Gottschalk, R. & Hoffmann, R. (2011). Web-basierter Versorgungskapazitätsnachweis. *Der Unfallchirurg*, 114(10), 928-937.
- Schwitalla, H. (2021). *RescueWave - Technik in neuen DRK-Fahrzeugen fest verbaut*. [https://www.wochenblatt-reporter.de/germersheim/c-lokales/rescuewave-technik-in-neuen-drk-fahrzeugen-fest-verbaut\\_a275850](https://www.wochenblatt-reporter.de/germersheim/c-lokales/rescuewave-technik-in-neuen-drk-fahrzeugen-fest-verbaut_a275850) (Zugriff am 16.03.2023).
- Secchi, A. (2009). Grundlagen der Rettungsmedizin. Organisation und Versorgungskonzepte. In T. Ziegenfuß (Hrsg.), *Checkliste Notfallmedizin*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Sheridan, T. B. (1992). *Telerobotics, Automation, and Human Supervisory Control*. Cambridge: MIT Press.
- Sheridan, T. B., Charny, L., Mendel, M. B. & Roseborough, J. B. (1988). Supervisory control, mental models and decision aids. *IFAC Man-Machine Systems Proceedings 21(5)*, 175-181.
- Sheridan, T. B. & Verplank, W. L. (1978). *Human and Computer Control of Undersea Teleoperators*. Cambridge: Man-Machine Systems Laboratory, MIT.
- Short, M. & Goldstein, S. (2019). *EMS, Documentation*. Treasure Islands (FL): StatPearls Publishing.
- Simeth, M. (2017). *Integrierte Leitstelle Straubing. Zusammenarbeit von Dienststellen und Einsatzmittel mit der ILS*. [https://www.rettungsdienst.brk.de/fileadmin/Eigene\\_Bilder\\_und\\_Videos/Leitstellen/Straubing/Formulare/ils\\_lqm\\_sr-zusa\\_organisationen-v5\\_.pdf](https://www.rettungsdienst.brk.de/fileadmin/Eigene_Bilder_und_Videos/Leitstellen/Straubing/Formulare/ils_lqm_sr-zusa_organisationen-v5_.pdf) (Zugriff am 16.03.2023).
- Sinaiko, H. W. (1972). Human intervention and full automation in control systems. *Appl. Ergonomics*, 3(3).
- Smith, R. M. & Conn, A. K. T. (2009). Prehospital care – Scoop and run or stay and play? *Injury* 40(4), 23-26.
- Speck, F.D., Tenbrock, F., Gohl, S. & van Rooij, L. (2016). *Automobiltechnische Zeitschrift*, 118(11), S. 42-47.
- Ständige Konferenz für Katastrophenvorsorge und Katastrophenschutz (1999). *Führung und Leitung im Einsatz. Vorschlag einer Dienstvorschrift DV 100*. <http://org1-hof.de/uploads/media/Fuehrung-und-Leitung-im-Einsatz-DV-100.pdf> (Zugriff am 18.03.2023).

- Ständige Konferenz für Katastrophenvorsorge und Bevölkerungsschutz (2010). *Empfehlungen für Taktische Zeichen im Bevölkerungsschutz*. Bonn: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe.
- Stein, M. & Hirshberg, A. (1999). Medical consequences of terrorism: the conventional weapon threat. *Surgical Clinics of North America*, 79(6), 1537-1552.
- Streiner, D. L. (2003). Starting at the beginning: an introduction to coefficient alpha and internal consistency. *Journal of personality assessment*, 80(1), 99-103.
- Sweet, W. (1995). The glass cockpit [flight deck automation]. *IEEE Spectrum*, 32(9), S. 30-38.
- Taylor, R. M. (1990). Situational awareness rating technique (SART): The development of a tool for aircrew systems design. *Proceedings of the AGARD AMP Symposium on Situational Awareness in Aerospace Operations*, 3/1-3/17.
- Tesla Team (2016). *All Tesla Cars Being Produced Now Have Full Self-Driving Hardware*. [https://www.tesla.com/de\\_DE/blog/all-tesla-cars-being-produced-now-have-full-self-driving-hardware](https://www.tesla.com/de_DE/blog/all-tesla-cars-being-produced-now-have-full-self-driving-hardware) (Zugriff am 10.08.2022).
- Tomassone, S. & Wöffen, T. (2005). Leitlinienmedizin und ärztliche Therapiefreiheit. *Studentische Zeitschrift für Rechtswissenschaft* 2(1), 61-80.
- Trümpler, S., Hübner, M. & Bohn, A. (2018). Massenanfall von Verletzten/Erkrankten (MANV) - die frühe Phase der Einsatzbewältigung. *Notfallmedizin up2date*, 13(01), 39-51.
- Tyco Fire & Security Holding (2022). *CEUS mobile Lösung. Mobile Einsatzunterstützung für Rettungskräfte*. [https://www.johnsoncontrols.com/de\\_de/cks/ceus-mobile-loesung/](https://www.johnsoncontrols.com/de_de/cks/ceus-mobile-loesung/) (Zugriff am 10.08.2022).
- Vemmer, T. (2003). *The Management of Mass Casualty Incidents in Germany – from Ramstein to Eschede*. Norderstedt: Books on Demand GmbH
- Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. (2019). *Feuerwehren und Rettungsdienste im Wandel*. <https://www.vfdb.de/vfdb-ev/presse/presse-via-newslist/article/feuerwehren-und-rettungsdienste-im-wandel/> (Zugriff am 12.01.2021). Kopie verfügbar unter <https://crisis-prevention.de/feuerwehr/feuerwehren-rettungsdienste-im-wandel.html> (Zugriff am 16.03.2023)
- Vomatec International GmbH (2011). *Abschlussbericht zum Verbundvorhaben MANET*. Bad Kreuznach: Vomatec International GmbH.
- Vomatec Innovations GmbH (2020). *Produkte und Lösungen*. <https://rescuewave.de/produkt-loesungen/> (Zugriff am 20.09.2022).

- Weiser, M. (1991). The Computer for the 21st Century. *Scientific American* 265(3), 66-75.
- Wessel, D. (2021). Technikaffinität. In M.A. Wirtz (Hrsg.), *Dorsch. Lexikon der Psychologie. Online-Basis-Version*. <https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/technikaffinitaet> (Zugriff am 05.05.2022).
- Wiener, E. L. & Curry, R. E. (1980). *Flight-Deck Automation: Promises and Problems*. NASA Technical Memorandum 81206.
- Wiesbaden112.de (2008). *LNA-Übung Fort Biehler 16.08.08*. <https://flickr.com/photos/feuerwehrwiesbaden/2771352472/> (Zugriff am 16.03.2023).
- Wiesbaden112.de (2010). *Großübung "SOGRO MANV 500" Flughafen FFM 09.10.10*. <https://www.flickr.com/photos/feuerwehrwiesbaden/5065673452/in/photostream/> (Zugriff am 16.03.2023).
- Willer, L. (2017). *Verbesserung der Präsenz und Immersion einer VR-Trainingssimulation für Rettungskräfte*. Bachelorarbeit (B.Sc.) am Institut für Multimediale und Interaktive Systeme, Universität zu Lübeck, Lübeck.
- Zegelmann, A. (2015). *Rettungsdienst. "Bis 60 hält das kaum einer durch"*. *ÄrzteZeitung*. <https://www.aerztezeitung.de/Politik/Bis-60-haelt-das-kaum-einer-durch-234941.html> (Zugriff am 15.06.2022).
- Zentrum für Telemedizin Bad Kissingen (2016). *NIDA jetzt auch im HELIOS Klinikum München West im Einsatz*. <https://e-health-com.de/details-unternehmensnews/nida-jetzt-auch-im-helios-klinikum-muenchen-west-im-einsatz/e3f36ebf94a4cc6045cc1f687d63c30b/> (Zugriff am 16.03.2023).

## Normen, Gesetze und Verordnungen

- BayAVRDG - Verordnung zur Ausführung des Bayerischen Rettungsdienstgesetzes i.d.F. vom 30. November 2010 (GVBl. S. 786, BayRS 215-5-1-5-I), zuletzt geändert durch § 2 der Verordnung vom 17. August 2018 (GVBl. S. 706).
- BayRDG - Bayerisches Rettungsdienstgesetz i.d.F. vom 22. Juli 2008 (GVBl. S. 429), zuletzt geändert durch § 1 des Gesetzes vom 22. April 2022 (GVBl. S. 132) und durch Art. 32a Abs. 13 des Gesetzes vom 10. Mai 2022 (GVBl. S. 182).
- BBKG - Gesetz über die Errichtung des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe i.d.F. vom 27. April 2004 (BGBl. I S. 630), zuletzt geändert durch Artikel 146 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328).

DIN 13050:2009. Rettungswesen - Begriffe. Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth, Berlin.

DIN 13050:2015. Begriffe im Rettungswesen. Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth, Berlin.

DIN EN ISO 9241-110:2006. Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung (ISO 9241-110:2006); Deutsche Fassung EN ISO 9241-110:2016. Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth, Berlin.

DIN EN ISO 9241-110:2020. Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 110: Interaktionsprinzipien (ISO 9241-110:2020); Deutsche Fassung EN ISO 9241-110:2020. Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth, Berlin

DIN EN ISO 9241-11:2018. Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 11: Gebrauchstauglichkeit: Begriffe und Konzepte (ISO 9241-11:2018); Deutsche Fassung EN ISO 9241-11:2018. Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth, Berlin.

DRKG - Gesetz über das Deutsche Rote Kreuz und andere freiwillige Hilfsgesellschaften im Sinne der Genfer Rotkreuz-Abkommen i.d.F. vom 5. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2346), zuletzt geändert durch Artikel 15e des Gesetzes vom 11. Juli 2021 (BGBl. I S. 2754).

DVO-RDG - Landesverordnung zur Durchführung des Rettungsdienstgesetzes – Schleswig-Holstein i.d.F. vom 22. Oktober 2013 (GVObI. Nr. 15 vom 28.11.2013).

LKatSG - Gesetz über den Katastrophenschutz in Schleswig-Holstein i.d.F. vom 10. Dezember 2000 zuletzt geändert §§ 13 mit Gesetz vom 25.03.2022 (GVObI. S. 274).

NotSan-APrV - Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitäter i.d.F. vom 16. Dezember 2013 (BGBl. I S. 4280), zuletzt geändert am 04. November 2020 (BGBl. I S. 2295).

NotSanG - Gesetz über den Beruf der Notfallsanitäterin und des Notfallsanitäters i.d.F. vom 22. Mai 2013 (BGBl. I S. 1348), zuletzt geändert durch Artikel 9 des Gesetzes vom 20. Juli 2022 (BGBl. I S. 1174).

RettAssG - Gesetz über den Beruf der Rettungsassistentin und des Rettungsassistenten i.d.F. vom 10. Juli 1989 (BGBl. I S. 1384), zuletzt geändert am 2. Dezember 2007 (BGBl. I S. 2686, 2722), aufgehoben mit Gesetz vom 22.05.2013 (BGBl. I S. 1348).

RettSan-APrVO SH - Landesverordnung über die Ausbildung und Prüfung von Rettungssanitäterinnen und Rettungssanitätern (Schleswig-Holstein) i.d.F. vom 19. Oktober 2020

SHRDG (2017) - Schleswig-Holsteinisches Rettungsdienstgesetz i.d.F. vom 28. März 2017.

SHRDG - Schleswig-Holsteinisches Rettungsdienstgesetz i.d.F. vom 28. März 2017 zuletzt geändert §§ 5, 11, 20 und 23 mit Gesetz vom 06.11.2020 (GVOBl. S. 802).

StVO - Straßenverkehrs-Ordnung i.d.F. vom 6. März 2013 (BGBl. I S. 367), zuletzt geändert durch Artikel 13 des Gesetzes vom 12. Juli 2021 (BGBl. I S. 3091).

StVZO - Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung i.d.F. vom 26. April 2012 (BGBl. I S. 679), zuletzt geändert durch Artikel 11 des Gesetzes vom 12. Juli 2021 (BGBl. I S. 3091).

# Abkürzungen

In diesem Abschnitt werden die in dieser Arbeit verwendeten Abkürzungen aufgelistet. Verzichtet wird auf die Nennung von Abkürzungen, die lediglich einmalig als Begriffseinführung zusammen mit dem ausgeschriebenen Begriff erwähnt werden.

<b>AED</b>	Automatisierter Externer Defibrillator
<b>ArztTrKW</b>	Arzttruppkraftwagen
<b>BA</b>	Bachelorarbeit
<b>BBK</b>	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
<b>BSR</b>	Bereitstellungsraum
<b>BHP</b>	Behandlungsplatz
<b>BOS</b>	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
<b>CSS</b>	Cascading Style Sheets
<b>DRK</b>	Deutsches Rotes Kreuz
<b>EA</b>	Einsatzabschnitt
<b>ELRD</b>	Einsatzleitung Rettungsdienst
<b>ELW</b>	Einsatzleitwagen
<b>FMS</b>	Funkmeldesystem
<b>FUS</b>	Führungskräfte-Unterstützungssystem
<b>FzgV</b>	Fahrzeugverwaltung
<b>GW San</b>	Gerätewagen Sanität
<b>HTA</b>	Hierarchical Task Analysis
<b>ID</b>	Identifikationsnummer
<b>IMIS</b>	Institut für Multimediale und Interaktive Systeme
<b>KatS</b>	Katastrophenschutz
<b>KdoW</b>	Kommandowagen
<b>KH</b>	Krankenhaus

<b>KI</b>	Künstliche Intelligenz
<b>KTW</b>	Krankentransportwagen
<b>LNA</b>	Leitender Notarzt
<b>MANV</b>	Massenanfall von Verletzten
<b>mSTaRT</b>	Modifizierter START-Algorithmus
<b>MTF</b>	Medizinische Task Force
<b>MTW</b>	Mannschaftstransportwagen
<b>MVC</b>	Model-View-Controller
<b>NEF</b>	Notarzteinsatzfahrzeug
<b>NHTSA</b>	National Highway Traffic Safety Administration
<b>NIDA</b>	Notfall-Informations- und Dokumentations-Assistent
<b>NKTW</b>	Notfallkrankenwagen Typ B
<b>NotSan</b>	Notfallsanitäter
<b>OrgL</b>	Organisatorischer Leiter
<b>PA</b>	Patientenablage
<b>PDA</b>	Personal Digital Assistant
<b>PFD</b>	Primary Flight Display
<b>RA</b>	Rettungsassistent
<b>RGB</b>	Rot-Grün-Blau (Farbraum)
<b>RH</b>	Rettungshelfer
<b>RKiSH</b>	Rettungsdienst-Kooperation in Schleswig-Holstein
<b>RMHP</b>	Rettungsmittelhalteplatz
<b>RS</b>	Rettungssanitäter
<b>RTH</b>	Rettungstransporthubschrauber
<b>RTW</b>	Rettungswagen
<b>RW</b>	Rettungswache
<b>SA</b>	Situation Awareness

<b>SanH</b>	Sanitätshelfer
<b>SEG</b>	Schnelleinsatzgruppe
<b>SG</b>	Schadensgebiet
<b>SK</b>	Sichtungskategorie
<b>TP</b>	Transportpriorität
<b>TpV</b>	Transportverwaltung
<b>UCD</b>	User Centered Design
<b>VEL</b>	Vorläufige Einsatzleitung
<b>VerIV</b>	Verletztenverwaltung
<b>VR</b>	Virtual Reality
<b>XML</b>	Extensible Markup Language

# Glossar

In diesem Abschnitt werden Fachbegriffe bezüglich der Bedeutung im Kontext dieser Arbeit definiert. Sie können in anderen Kontexten, insbesondere auch in der Umgangssprache, abweichend verwendet werden. *Kursiv* gedruckte Begriffe sind, soweit es sich nicht um Zitate handelt, selbst wieder im Glossar oder unter den Abkürzungen beschrieben. Einige Begriffe werden in dieser Arbeit auch zusammengesetzt verwendet.

<b>Anwendungssystem:</b>	Softwaresystem, das der Bearbeitung von Aufgaben dient
<b>App / Applikation:</b>	<i>Anwendungssystem, meist verwendet bei mobilen Systemen</i>
<b>Aufgabenangemessenheit:</b>	<i>„Ein interaktives System ist aufgabenangemessen, wenn es den Benutzer unterstützt, seine Arbeitsaufgabe zu erledigen“ (DIN EN ISO 9241-110:2006)</i>
<b>Ausnahmebetrieb:</b>	Gemäß den Planungen funktionierender Betrieb bei seltenen, von der Routine abweichenden, Ereignissen
<b>Automation:</b>	Konzepte und Realisierungen zur Erledigung von Aufgaben (ganz oder teilweise) durch ein Computersystem
<b>Automatisierung:</b>	Prozesse der Entwicklung und Einführung von <i>Automation</i>
<b>Assistenz:</b>	Konzepte und Realisierungen zur Unterstützung oder Leitung eines Benutzers bei einer Aufgabe
<b>Behandlungsplatz:</b>	<i>Räumliche Struktur, die am Notfallort eingerichtet wird, um Verletzte im Vergleich zur <i>Patientenablage</i> verbessert behandeln zu können</i>
<b>Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben:</b>	<i>„Akteure, die spezifische Aufgaben zur Bewahrung und/oder Wiedererlangung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung [also der Gefahrenabwehr] wahrnehmen“ (BBK, 2015)</i>
<b>Benutzerbindung</b>	<i>„Das interaktive System stellt Funktionen und Informationen auf einladende und motivierende Weise dar und fördert so eine kontinuierliche Interaktion mit dem System“ (DIN EN ISO 9241-110:2020)</i>
<b>Benutzermobilität:</b>	Eigenschaft, dass ein Benutzer ein System an verschiedenen Orten verwenden kann
<b>Benutzungsoberfläche:</b>	Schnittstelle zwischen Mensch und Computer, die die Ein- und Ausgabemöglichkeiten realisiert
<b>Bereitstellungsraum:</b>	<i>Räumliche Struktur</i> in der Art eines Parkplatzes, auf dem Einsatzfahrzeuge ankommen und auf Aufträge warten

<b>Betroffener:</b>	Von einem <i>Notfall</i> beeinträchtigte Person. Neben <i>Verletzten</i> fallen auch unverletzte Personen darunter
<b>Bevölkerungsschutz:</b>	Begriff, der den <i>Katastrophenschutz</i> und den <i>Zivilschutz</i> umfasst
<b>Cascading Style Sheets:</b>	Programmiertechnologie zur Anpassung der Darstellung der Benutzungsoberfläche mittels Regeln
<b>Chaosphase:</b>	Erste zeitliche Phase eines <i>MANV</i> , in der Führungsstrukturen und Raumordnung noch nicht oder in vorläufiger Form vorhanden sind
<b>Client:</b>	Computersystem, das Daten zur Verarbeitung und Speicherung an einen <i>Server</i> sendet und verarbeitete Daten von diesem empfängt
<b>Cross-Device-Interaktion:</b>	Die Eigenschaft, zwei oder mehr Gerätearten in Bezug auf die Ein- und Ausgabe zu kombinieren
<b>Digitale Transformation:</b>	Veränderung eines Anwendungsfelds durch den vermehrten Einsatz digitaler Technologien
<b>Disposition:</b>	Zuweisung eines <i>Rettungsmittels</i> zu einem Einsatz oder zu einer speziellen Aufgabe
<b>Dokumentation:</b>	Die Erfassung und Speicherung von Daten zum Einsatzort, zu einem Patienten oder zu anderen Objekten, meist in handschriftlicher oder digitaler Form
<b>Echtzeit:</b>	Eigenschaft, dass die Prozessüberwachung und -steuerung in einer definierten (kurzen) Zeitspanne erfolgen kann
<b>Effektivität:</b>	„Genauigkeit und Vollständigkeit, mit denen Benutzer bestimmte Ziele erreichen“ (DIN EN ISO 9241-11:2018)
<b>Effizienz:</b>	„Eingesetzte Ressourcen im Verhältnis zu den erreichten Ergebnissen“ (DIN EN ISO 9241-11:2018)
<b>Einsatz:</b>	Aktivität von Akteuren der <i>Gefahrenabwehr</i> , verbunden mit einem Ausrücken und einem Auftrag, meist in Form der <i>Disposition</i> durch eine <i>Leitstelle</i>
<b>Einsatzabschnitt:</b>	Ein festgelegter geographischer Teil eines Einsatzgebiets mit eigener <i>Führung</i>
<b>Einsatzorganisation:</b>	Akteur der <i>Gefahrenabwehr</i> , der bei einem <i>Einsatz</i> tätig wird, meist in Form einer <i>BOS</i>
<b>Erkrankter:</b>	Eine Person, die an einer akuten Krankheit leidet. Wird in dieser Arbeit vereinfachend in den Begriff des <i>Verletzten</i> mit einbezogen

<b>Erste Hilfe:</b>	Grundmaßnahmen zur Behandlung von Verletzten, darunter die <i>Lebensrettenden Sofortmaßnahmen</i> und der <i>Notruf</i>
<b>Erwartungskonformität:</b>	„Ein [System] ist erwartungskonform, wenn [es] den aus dem Nutzungskontexte heraus vorhersehbaren Benutzerbedürfnissen sowie allgemein anerkannten Konventionen entspricht“ (DIN EN ISO 9241-110:2006)
<b>Erweiterte Realität:</b>	Anreicherung der Realität mit Computerinformationen, die so eingebettet werden, dass sie mit dieser vereint wahrgenommen werden.
<b>Extensible Markup Language:</b>	Programmiertechnologie zur Strukturierung von Informationen. Dazu können Daten, aber auch der Aufbau von <i>Benutzungsoberflächen</i> gehören.
<b>Fahrzeugsimulator:</b>	Systemteil des <i>Führungskräfte-Unterstützungssystems</i> , der die Aufgaben der Akteure (vereinfacht zu Fahrzeugen beziehungsweise korrekt deren Besatzungen) simuliert.
<b>Fehlertoleranz:</b>	Ein System ist fehlertolerant, wenn Fehler des Benutzers keinen oder geringen Korrekturaufwand erfordern (DIN EN ISO 9241-110:2006).
<b>Fiducial Marker:</b>	Reales Objekt, das auf der Unterseite mit einem zweidimensionalen Bildcode versehen und so computerlesbar ist
<b>Formative Evaluation:</b>	Evaluation während der laufenden Systementwicklung im Sinne eines <i>menschzentrierten Gestaltungsprozesses</i>
<b>Führung:</b>	Einwirken auf eine Lage durch die Beauftragung von Aufgaben (Befehlsgebung) nach erfolgter Feststellung der Lage und Planung
<b>Führungskräfte-Unterstützungssystem:</b>	Systemteil des <i>MANV-Systems</i> , der die Aufgaben der Führungskräfte beim MANV abbildet
<b>Führungsstruktur:</b>	Die Abbildung der Führungskräfte mitsamt Hierarchien und Zusammenhängen
<b>Funkmeldesystem:</b>	System im Funkverkehr, das es ermöglicht, verschiedene definierte Status mittels Tastendrucks zu versenden
<b>Funkrufname:</b>	Kennung zur eindeutigen Zuordnung eines Fahrzeuges mit Informationen zum Standort und zum Fahrzeugtyp
<b>Gebrauchstauglichkeit:</b>	Ausmaß, in dem ein System es ermöglicht, die Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen
<b>Gefahrenabwehr:</b>	Vorbereitung und Durchführung der Bewältigung von Gefahren, etwa in Form der Bewältigung eines <i>Notfalls</i>

<b>Gerätemobilität:</b>	Die Eigenschaft, dass ein System an verschiedenen Orten verwendet werden kann, also ein <i>mobiles System</i> ist
<b>Gesundheitsvorsorge:</b>	Präventive Maßnahmen zur Abwehr von Gefahren im Sinne eines Notfalls
<b>Großschadensereignis:</b>	Ereignis mit vielen Verletzten im Sinne eines <i>MANV</i>
<b>Gruppe:</b>	<i>Taktische Einheit</i> in einer <i>Einsatzorganisation</i> , bestehend aus ca. 10 Einsatzkräften
<b>Hilfsfrist:</b>	Planerischer Zeitansatz zwischen Notruf und Erreichen des Einsatzortes durch das erste <i>Rettungsmittel</i>
<b>Hubschrauberlandeplatz:</b>	Räumliche Struktur, an der Hubschrauber landen, um Einsatzkräfte abzusetzen und zu transportierende Verletzte aufzunehmen
<b>Hypothese:</b>	Annahme, die noch nicht bewiesen ist
<b>Individualisierbarkeit:</b>	Ein System ist individualisierbar, wenn Benutzer Darstellung und Ablauf anpassen können (DIN EN ISO 9241-110:2006)
<b>Individualnotfall:</b>	Notfall mit einer oder sehr wenigen Verletzten, sodass eine individuelle Versorgung möglich ist
<b>Interaktionselement:</b>	Element der Benutzungsoberfläche, das Eingaben des Benutzers zulässt.
<b>JavaFX:</b>	Programmiertechnologie zur Programmierung von Java-Anwendungen mit interaktiven Benutzungsoberflächen
<b>Katastrophe:</b>	Ereignis, das eine Gefahrenabwehr in der Form erfordert, dass <i>Einsatzorganisationen</i> und <i>Führungsstrukturen</i> des <i>Katastrophenschutzes</i> aktiv werden müssen
<b>Katastrophenschutz:</b>	Einsatzorganisationen, Mittel und Einsatzkräfte, die speziell für die Katastrophe eingeplant sind
<b>Krankentransport:</b>	Behandlung und Transport von <i>Patienten</i> , die sich nicht in unmittelbarer oder zu erwartender Lebensgefahr befinden
<b>Krankentransportwagen:</b>	<i>Rettungsmittel</i> zum <i>Krankentransport</i>
<b>Künstliche Intelligenz:</b>	Konstrukt in einem System, das auf Basis von Lernprozessen Entscheidungen fällt, etwa als Teil einer <i>Automation</i>
<b>Lage:</b>	Zustand am Notfallort, der statisch im Sinne von weitgehend gleichbleibend oder dynamisch im Sinne von einer Zunahme des Gefahrenpotentials sein kann

<b>Lebensrettende Sofortmaßnahmen:</b>	Teil der <i>Ersten Hilfe</i> , der Basismaßnahmen zusammenfasst, die der Abwehr einer unmittelbaren Lebensgefahr dienen
<b>Leitender Notarzt:</b>	Notarzt in der <i>Einsatzleitung Rettungsdienst</i> , der die medizinischen Maßnahmen zu leiten und zu verantworten hat
<b>Leitung:</b>	Synonym zur <i>Führung</i>
<b>Leitstelle:</b>	Feste <i>räumliche Struktur</i> in aller Regel außerhalb des <i>Notfallorts</i> , die der Annahme und Verarbeitung von <i>Notrufen</i> und der <i>Disposition</i> von <i>Rettungsmitteln</i> dient.
<b>Lernförderlichkeit:</b>	„ <i>Ein [System] ist lernförderlich, wenn [es] den Benutzer beim Erlernen der Nutzung [...] unterstützt und anleitet</i> “ (DIN EN ISO 9241-110:2006)
<b>MANV-System:</b>	Bezeichnung des in dieser Arbeit prototypisch entwickelten Computersystems zur Klärung der <i>Hypothesen</i> der Arbeit
<b>Massenanfall von Verletzten:</b>	„ <i>Notfall mit einer großen Anzahl von Verletzten oder Erkrankten sowie anderen Geschädigten oder Betroffenen</i> “ (DIN 13050:2015)
<b>Medizinische Task Force:</b>	<i>Taktische Einheit</i> auf Bundesebene, die als <i>Verband</i> mit 126 Einsatzkräften und 24 Fahrzeugen konzipiert ist
<b>Menschzentrierter Gestaltungsprozess:</b>	Entwicklungsprozess, der den Menschen anstelle der Technik in den Fokus setzt mit dem Ziel, dass gebrauchstaugliche Systeme entstehen
<b>Mobiles System:</b>	System, das dafür ausgelegt ist, an einen anderen Ort getragen werden zu können, ohne dass ein größerer Aufwand entsteht oder dass es zwischendurch pausiert werden muss
<b>Mentales Modell:</b>	Konzepte und Schemata, die ein Mensch in Bezug auf einen Prozess oder ein System bildet
<b>Notarzt:</b>	Arzt mit spezieller Qualifikation für die medizinischen Maßnahmen bei Notfällen
<b>Notbetrieb:</b>	Betrieb bei seltenen, von der Routine abweichenden, Ereignissen, die über gewöhnliche Ausnahmen hinausgehen
<b>Notfall (medizinisch):</b>	Situation, in der dringend medizinische Hilfe benötigt wird
<b>Notfallort:</b>	Ort, an dem sich ein Notfall ereignet hat
<b>Notfallrettung:</b>	Gesamtheit der Strukturen zur Bewältigung eines <i>Notfalls</i> , beinhaltend die <i>Einsatzorganisationen</i> und die <i>Leitstelle</i>
<b>Notruf:</b>	Meldung eines <i>Notfalls</i> durch einen Laien an eine <i>Leitstelle</i> , meist telefonisch

<b>Organisatorischer Leiter:</b>	Führungskraft in der <i>Einsatzleitung Rettungsdienst</i> , die die organisatorischen Maßnahmen leitet und verantwortet
<b>Patient:</b>	Verletzte Person, die sich bereits in Behandlung oder im Transport befindet
<b>Patientenablage:</b>	<i>Räumliche Struktur</i> , die am Notfallort zügig eingerichtet wird, um Verletzte behandeln zu können.
<b>Patientenprotokoll:</b>	Dokumentationsvorlage zur <i>Dokumentation</i> der Diagnose und der Maßnahmen bei Verletzten im Regelbetrieb
<b>Peer-to-Peer-Netzwerk:</b>	Netzwerk, in dem alle Computersysteme die Rolle von <i>Client</i> und <i>Server</i> übernehmen können
<b>Präklinisch:</b>	Bezogen auf Notfälle die <i>Zeitphase</i> vor dem Erreichen des Krankenhauses, in der der <i>Rettungsdienst</i> aktiv wird
<b>Primary Flight Display:</b>	Anzeige im Flugzeug, auf der Flugdaten wie die Orientierung, Geschwindigkeit und Höhe ausgegeben werden
<b>Produktivbetrieb:</b>	Betrieb eines Systems unter realen Umständen im Unterschied zum Betrieb zum Testen oder für Evaluationen
<b>Räumliche Struktur:</b>	Geplante Einrichtung, die an einem definierten Ort steht oder aufgebaut wird, zum Beispiel ein <i>Behandlungsplatz</i>
<b>Raumordnung:</b>	Die Festlegung und Platzierung der <i>räumlichen Strukturen</i> und der Wege am <i>Notfallort</i>
<b>Räumungsphase:</b>	Dritte zeitliche Phase eines <i>MANV</i> , in der vor allem die Verletzten behandelt und abtransportiert werden
<b>Regelbetrieb:</b>	Der normale, regulär vorgesehene Betrieb mit routinierter Ausführung von Aufgaben
<b>Reorganisationsphase:</b>	Zweite zeitliche Phase eines <i>MANV</i> , in der der Aufbau von <i>Führungsstrukturen</i> und die <i>Raumordnung</i> im Fokus stehen
<b>Rettung:</b>	Die Verbringung von Betroffenen aus einer Lebensgefahr sowie die Behandlung von Verletzten zur Abwehr der Lebensgefahr
<b>Rettungsdienst:</b>	Einsatzorganisation, deren Fokus auf der <i>Rettung</i> von Verletzten im Sinne der alltäglichen <i>Gefahrenabwehr</i> liegt
<b>Rettungskette:</b>	Konstrukt, das die Phasen einer <i>Rettung</i> , beginnend mit der Ersten Hilfe und endend mit dem Transport ins Krankenhaus, angibt
<b>Rettungsmittel:</b>	Fahrzeug, das für die <i>Rettung</i> von Verletzten eingeplant ist

<b>Rettungsmittelhalteplatz:</b>	<i>Räumliche Struktur, an der Rettungsmittel halten, um Verletzte zum Transport in ein Krankenhaus zu übernehmen</i>
<b>Rettungswagen:</b>	<i>Rettungsmittel zum Transport von Patienten, die sich in Lebensgefahr befinden können</i>
<b>Sanitätsdienst:</b>	<i>Teil des Katastrophenschutzes, dessen Fokus auf der Rettung von Verletzten liegt</i>
<b>Sanitätswachdienst:</b>	<i>Präventive Stellung von medizinisch qualifizierten Einsatzkräften bei Veranstaltungen zur Versorgung von Verletzten</i>
<b>Selbstbeschreibungsfähigkeit:</b>	<i>Ein System ist selbstbeschreibungsfähig, wenn der Benutzer zu jeder Zeit weiß, wo er sich befindet und welche Aktionen er wie durchführen kann (DIN EN ISO 9241-110:2006)</i>
<b>Semistrukturiertes Interview</b>	<i>Interview mit festgelegter Struktur, von der abgewichen werden kann, etwa um Aspekte genauer zu hinterfragen oder im Interview aufkommende Themen zu berücksichtigen</i>
<b>Schadensgebiet:</b>	<i>Bereich des Notfallorts, der unmittelbar vom Notfall betroffen ist und wo sich Verletzte initial befinden</i>
<b>Schnelleinsatzgruppe:</b>	<i>Taktische Einheit, in der schnell alarmierbare Einsatzkräfte, meist aus Rettungsdienst oder Katastrophenschutz, zusammengefasst sind</i>
<b>Server:</b>	<i>Zentrales Computersystem zur Verarbeitung, Speicherung, und Auslieferung von Daten von und an Clients.</i>
<b>Shared Situation Awareness:</b>	<i>Über ein Team verteilte Situation Awareness bezüglich der Aufgaben der jeweiligen Teammitglieder</i>
<b>Sichtung:</b>	<i>Ärztliche Einschätzung der Behandlungspriorität in Bezug auf einen oder mehrere Verletzte</i>
<b>Sichtungskategorie:</b>	<i>Definierte Prioritätsgruppe, in die ein Verletzter als Resultat der Sichtung eingeteilt werden kann</i>
<b>Situation Awareness:</b>	<i>Grad des vorhandenen Situationsbewusstsein in Bezug auf Aufgaben oder ein System, beinhaltend insbesondere die Wahrnehmung, das Verständnis und die Projektion</i>
<b>Smartglasses:</b>	<i>Mobiles Computersystem in Brillenform, das eine Anzeige vor einem oder beiden Augen und geeignete Eingabemöglichkeiten beinhaltet</i>
<b>Smartphone:</b>	<i>Mobiles Computersystem, das ein Mobiltelefon mit einem Bildschirm und über Ziffern hinausgehenden Eingabemöglichkeiten kombiniert und die Ausführung von Apps bietet</i>

<b>Smartwatch:</b>	<i>Mobiles Computersystem</i> in Uhrenform, das statt des Ziffernblatts eine flexible Anzeige und geeignete Eingabemöglichkeiten beinhaltet
<b>Spätphase:</b>	Vierte zeitliche Phase eines MANV, die alle abschließenden Maßnahmen enthält
<b>Stationäres System:</b>	Computersystem, das nicht einfach tragbar, also nicht mobil, ist und oft eine Stromversorgung per Kabel beinhaltet
<b>Steuerbarkeit:</b>	„Ein [System] ist steuerbar, wenn der Benutzer in der Lage ist, [Abläufe] zu starten sowie [...] Richtung und Geschwindigkeit zu beeinflussen“ (DIN EN ISO 9241-110:2006)
<b>Summative Evaluation</b>	Abschließende Evaluation nach Beendigung des Entwicklungsprozesses
<b>Tablet:</b>	<i>Mobiles Computersystem</i> , das bestimmte Eigenschaften von <i>Smartphones</i> und Laptops miteinander verbindet
<b>Taktische Einheit:</b>	Definierte Anzahl von Einsatzkräften mit festgelegter <i>Führungsstruktur</i> , beispielsweise als <i>Gruppe</i>
<b>Taktisches Zeichen:</b>	Definiertes Symbol, beispielsweise für eine taktische Einheit, ein <i>Rettungsmittel</i> oder einen Verletzten
<b>Team Situation Awareness:</b>	Über ein Team verteilte <i>Situation Awareness</i> bezüglich der Aufgaben der jeweiligen Teammitglieder
<b>Thread</b>	Anwendungsteil, der parallel oder nebenläufig zu anderen Threads ausgeführt wird
<b>Transparenz:</b>	Die direkt vorhandene oder erzeugte Verständlichkeit der Abläufe eines Computersystems, etwa einer Automation
<b>Transportfähigkeit:</b>	Eigenschaft, dass ein Verletzter für den Transport ins Krankenhaus bereit ist, initial oder als Resultat einer Behandlung
<b>Transportpriorität:</b>	Über die <i>Sichtungskategorie</i> eines Verletzten hinausgehende Priorität für den Transport in ein Krankenhaus
<b>Trupp:</b>	<i>Taktische Einheit</i> in einer <i>Einsatzorganisation</i> , bestehend aus 2-6 Einsatzkräften
<b>Verband:</b>	<i>Taktische Einheit</i> in einer <i>Einsatzorganisation</i> , bestehend aus deutlich mehr als 30 Einsatzkräften
<b>Verletzter:</b>	Person, die gerettet werden muss, da sie medizinischer Hilfe bedarf. Im engen Sinne muss das aufgrund einer Verletzung sein, in dieser Arbeit werden <i>Erkrankte</i> mitbetrachtet

<b>Verletztenanhängkarte:</b>	Dokumentationsvorlage zur Dokumentation der Diagnose und der Maßnahmen bei Verletzten im MANV
<b>Verletzensimulator:</b>	Systemteil des Führungskräfte-Unterstützungssystems, der Verletzte generieren und simulieren kann
<b>Versorgungsstufe:</b>	Stufenbasiertes Konstrukt zur Einteilung von <i>Notfällen</i> gemäß ihrer Dimension
<b>Virtual Reality</b>	Computerbasiert erzeugte, oft realitätsnahe, virtuelle Welt, die der Benutzer als besonders wirklich wahrnimmt.
<b>Vorläufige Einsatzleitung:</b>	Ad-hoc von der Besatzung des ersten <i>Rettungsmittels</i> gebildete <i>Führung</i> beim MANV
<b>Vorsichtung:</b>	Nichtärztliche Einschätzung der Behandlungspriorität in Bezug auf einen oder mehrere Verletzte
<b>Zivilschutz:</b>	Schutz der Bevölkerung im Verteidigungs- und Spannungsfall
<b>Zug:</b>	<i>Taktische Einheit</i> in einer <i>Einsatzorganisation</i> , bestehend aus ca. 30 Einsatzkräften