

Entwicklung eines Referenzprozessmodells für Rettungseinsätze der Feuerwehr und Anwendung als Grundlage eines Prozessassistenzsystems

Cai Hussung, Jana-Rebecca Rehse, Constantin Houy, Peter Fettke

Institut für Wirtschaftsinformatik (IWi)
im Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) und
Universität des Saarlandes, Campus, Geb. D3₂
66123 Saarbrücken

{Cai.Hussung | Jana-Rebecca.Rehse | Constantin.Houy |
Peter.Fettke}@dfki.de

Abstract. Die Arbeit der Feuerwehr in Deutschland unterliegt einem komplexen Regelwerk, das im Rettungseinsatz die Risiken für Einsatzkräfte und Opfer minimieren soll. Die Regeln sind in umfangreichen Dienstvorschriften dokumentiert. Die formulierten Vorschriften haben Allgemeingültigkeits-, Empfehlungs- und Wiederverwendungsanspruch, stellen also ein informelles Referenzmodell dar. Sie sind allerdings größtenteils textuell und ohne klaren Kontrollfluss verfasst. Der vorliegende Beitrag beschreibt, wie aus diesen Vorschriften mithilfe etablierter Methoden der Referenzmodellierung ein Referenzprozessmodell für die Feuerwehr entwickelt wurde, welches eine strukturierte Übersicht bietet und anhand von insgesamt 45 EPK-Modellen klare prozessorientierte Handlungsanweisungen formuliert. Darüber hinaus wird der Nutzen des Modells durch eine exemplarische Anwendung in einem Prozessassistenzsystem für Rettungseinsätze unter Beweis gestellt. Dieses System, das gerade im Rahmen des Konsortialforschungsprojekts A-DRZ (Aufbau des Deutschen Rettungsrobotik-Zentrums) entwickelt wird, verwendet das im Referenzmodell abgebildete Domänenwissen, um Informationen über den aktuellen Zustand und Ablauf eines Rettungseinsatzes aufzubereiten und den Einsatzkräften Entscheidungsalternativen und nächste Schritte zu empfehlen.

Keywords: Innovationen im öffentlichen Bereich, Referenzprozessmodell, Feuerwehr, Prozessassistenz, Process Mining

1 Motivation und Zielsetzung

„Retten, löschen, bergen, schützen“ – mit diesem Wahlspruch umschreiben die Feuerwehren in Deutschland ihre wichtigsten Tätigkeitsfelder. Dabei steht die Rettung von Leben an erster Stelle, erst danach folgt der Schutz von Sachwerten und der Umwelt. Zentrale Aufgabe der Feuerwehr ist somit die Sicherung der Grundrechte auf

Leben, körperliche Unversehrtheit, Eigentum und der natürlichen Lebensgrundlagen [1].

Die Grundlage für Feuerwehreinsätze zur Gefahrenabwehr bildet die gesetzliche Regelung des jeweiligen Bundeslands, insbesondere das Feuerwehrrecht [2]. Als Ergänzung dazu hat der *Ausschuss für Feuerwehrangelegenheiten, Katastrophenschutz und zivile Verteidigung* (AFKzV) innerhalb des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) die bundeseinheitlichen Feuerwehr-Dienstvorschriften (FwDV) erarbeitet und den Bundesländern zur Einführung empfohlen. Die FwDV verfolgen den Zweck, die erforderliche Einheitlichkeit im Feuerwehrdienst in allen Bundesländern herbeizuführen und für die Zukunft sicherzustellen. Sie beschreiben u. a. notwendige Handlungen von Trupps, Gruppen und Staffeln der Feuerwehr bei Gefahrenereignissen und beschränken sich auf solche Festlegungen, die für einen geordneten Einsatz der taktischen Einheiten und des Einzelnen unbedingt erforderlich sind [3].

Die FwDV wurden mit der Intention entwickelt, den reibungslosen Ablauf von Feuerwehreinsätzen zur Gefahrenabwehr zu gewährleisten und werden auch zu diesem Zwecke verwendet. Sie erfüllen damit das konstitutive Merkmal eines Referenzmodells im Sinne des wiederverwendungsorientierten Referenzmodellbegriffs [4]. Darüber hinaus erfüllen sie den Referenzmodellen häufig zugeschriebenen Allgemeingültigkeitsanspruch [5, 6], indem sie die unterschiedlichen Standards, Bezeichnungen und Abläufe der unterschiedlichen Landesgesetze vereinheitlichen und (teilweise in abgewandelter Form) in allen Bundesländern zum Einsatz kommen. Dank des seitens des AFKzV zugeschriebenen Empfehlungscharakters können die FwDV also als ein informelles präskriptives Referenzmodell angesehen werden.

Allerdings sind die FwDV aus einer prozessorientierten Perspektive betrachtet praktisch schwer zu handhaben. Sie sind rein textuell und ohne klaren Kontrollfluss verfasst. Ihr erheblicher Umfang, die fehlende einheitliche Struktur und viele Querbezüge erschweren es den Benutzern, die relevanten Prozesse und Strukturen schnell und auf einen Blick zu erfassen. Gerade dies erweist sich allerdings insbesondere für wenig erfahrene Feuerwehrleute als wünschenswert, insbesondere in einer unübersichtlichen und hektischen Einsatzsituation.

Vor diesem Hintergrund setzt sich der vorliegende Beitrag das Ziel, ein Referenzprozessmodell für die Feuerwehrdomäne zu entwickeln, welches eine strukturierte Übersicht über Einsatzszenarien und Teilprozesse bietet und über die Modellsemantik klare Handlungsanweisungen formuliert. Dieses Referenzmodell kommt in einem Prozessassistenzsystem zur Unterstützung von Rettungskräften während eines Einsatzes zur Anwendung, welches aktuell im Konsortialforschungsprojekt A-DRZ (Aufbau des Deutschen Rettungsrobotik-Zentrums)¹ entwickelt wird. Diese exemplarische Anwendung illustriert sowohl den Nutzen und die Anwendbarkeit des Referenzmodells als auch die allgemeinen Automatisierungspotentiale, die sich aus der Erstellung und Nutzung von Referenzprozessmodellen ergeben können.

Der Beitrag weist folgende Struktur auf: in *Abschnitt zwei* werden konzeptionelle Grundlagen hinsichtlich der Referenzmodellierung für den öffentlichen Bereich sowie

¹ <https://rettungsrobotik.de/>

hinsichtlich des Prozessmanagements in der Rettungsdomäne eingeführt, bevor in *Abschnitt drei* die angewendete Forschungsmethode zur Konstruktion des Referenzmodells erläutert wird. *Abschnitt vier* legt ausführlich die Ergebnisse der Referenzmodellentwicklung dar und beschreibt exemplarisch die Anwendung des Modells als Basis für ein Prozessassistenzsystem im Rettungseinsatz. *Abschnitt fünf* diskutiert dann die präsentierten Befunde, bevor *Abschnitt sechs* ein Fazit zieht und der Beitrag schließt.

2 Konzeptionelle Grundlagen

2.1 Referenzmodellierung für den öffentlichen Bereich

Im Zuge der Digitalisierung ist der öffentliche Bereich, welchem – abgesehen von Betriebs- und Werksfeuerwehren – die meisten Feuerwehreinrichtungen in Deutschland angehören, mit einer Vielzahl von Herausforderungen und Chancen konfrontiert. Dazu gehört auch die Digitalisierung der Prozesse, die einerseits tiefgreifende Änderungen verlangt, andererseits aber auch Möglichkeiten zur Prozessverbesserung bieten und dadurch wiederum zu Kosteneinsparungen führen kann. Die Überführung rein textueller Vorschriften und Handbücher in Referenzprozessmodelle stellt dabei einen ersten Schritt in Richtung der Digitalisierung der Prozesse dar, bei dem das vorhandene Wissen strukturiert und externalisiert wird [7]. Dabei ist der öffentliche Bereich aufgrund der geltenden Vorschriften und gesetzlichen Regelungen sowie der damit einhergehenden standardisierten Vorgehensweisen ein ideales Einsatzgebiet für Referenzmodelle. Typischerweise führen öffentliche Einrichtungen mit gleicher Zielsetzung Prozesse ähnlich aus, weil diese auf gleichen rechtlichen Rahmenbedingungen beruhen [8]. Öffentliche Einrichtungen, wie Feuerwehren, stehen nicht – wie Wirtschaftsunternehmen – in Konkurrenz, sodass Informationen oder neue Erkenntnisse geteilt und somit gemeinschaftlich genutzt werden können, ohne dass einer Einrichtung dadurch Nachteile entstehen [9]. Aufgrund dieser Eigenschaft wurden verschiedene speziell abgestimmte Methoden für die Modellierung von Verwaltungsprozessen, z. B. die PICTURE-Methode [10] sowie spezielle Ansätze für die deduktive [7] und die induktive [11] Entwicklung von Referenzmodellen für den öffentlichen Bereich erarbeitet und erforscht.

2.2 Prozessmanagement in der Rettungsdomäne

Die Rettungsdomäne im Allgemeinen und die Arbeit der Feuerwehr im Speziellen stellen für ein koordiniertes und durch Informationstechnik (IT) gestütztes Prozessmanagement ein relevantes Einsatzgebiet dar [12-14]. Prozesse in der Rettungsdomäne sind zwar stark reglementiert, sie müssen allerdings stets flexibel in neuen, nicht vorherzusehenden Einsatzsituationen durchgeführt und orchestriert werden können. Anders als z. B. in der öffentlichen Verwaltung ist es häufig nicht möglich, *a priori* modellierten Prozessen vom Anfang bis zum Schluss zu folgen. Insofern wird in der Literatur zuweilen diskutiert, inwiefern sich die Prozessmodellierung für eine umfas-

sende Einsatzplanung in der Rettungsdomäne eignet. In [15] beschreiben Peinel et al. unterschiedliche Ansätze zur Anwendung der Prozessmodellierung für die Rettungseinsatzplanung und stellen fest, dass diese in ihrem Mangel an Flexibilität und ihrem Streben nach Vollständigkeit nicht allen spezifischen Anforderungen der Rettungsdomäne entsprechen können. Allerdings gehen die Autoren dort nicht speziell auf die Referenzmodellierung ein, welche durch den Wiederverwendbarkeitsanspruch von einzelnen Prozessbausteinen und die Möglichkeiten zur individuellen Anpassung und Konfiguration erhebliche Vorteile anbieten kann. Insbesondere die flexible Nutzung von Prozessmodellbausteinen für eine Prozessassistenz, die im Abschnitt zur Anwendung des hier konstruierten Referenzmodells illustriert wird, kann erhebliche Vorteile für die Rettungsdomäne bieten. Im Rahmen des aktuellen Projektes A-DRZ haben die Autoren des vorliegenden Beitrags an einem technischen Konzept mitgewirkt, um aus den zwischen den Feuerwehrleuten ausgetauschten Funknachrichten Prozessverläufe abzuleiten und diese mithilfe von Methoden der Prozessdatenanalyse zu verschiedenen Zwecken aufzubereiten [25]. Während der zitierte Beitrag darauf abzielt, das Gesamtkonzept darzustellen, konzentriert sich der vorliegende Beitrag auf die Entwicklung des Referenzprozessmodells und eine ausführliche Darstellung seiner Anwendung als Grundlage eines Prozessassistenzsystems, das basierend auf den Präskriptionen und Best-Practice-Beschreibungen Handlungsempfehlungen ausspricht.

3 Methodisches Vorgehen

Die FwDV dienen Feuerwehren bundesweit als Orientierungshilfe und sind als ein informelles Referenzmodell anzusehen. Die Aufgaben und Abläufe sind jedoch nicht übergreifend strukturiert und in ihrer logischen Reihenfolge beschrieben. Im Rahmen der Modellierung bedarf es der Interpretation und Transformation der Inhalte, um aus den FwDV ein Referenzprozessmodell zu entwickeln. Die Konstruktion des Referenzmodells orientiert sich an dem Vorgehensmodell von Schütte (1998, S. 185), das leicht angepasst wurde und folgende fünf Phasen umfasst:

- (1) Problemdefinition,
- (2) Konstruktion des Referenzmodellrahmens,
- (3) Konstruktion der Referenzmodellstruktur,
- (4) Komplettierung und
- (5) Anwendung zu Evaluationszwecken.

In der ersten Phase erfolgt die (1) *Problemdefinition*, welche den Zweck und die Einsatzgebiete des Referenzmodells festlegt. Im geschilderten Fall wird das Problem durch die Gesamtheit der FwDV eingegrenzt, mit dem Ziel, diese in grafische Prozessmodelle zu überführen. Aufgrund der Erstellung durch den AFKzV und die kontinuierliche Aktualisierung erfüllen die FwDV als Grundlage des Referenzprozessmodells insbesondere auch das von Schütte postulierte Merkmal eines *multipersonellen Einigungsprozesses* innerhalb der Problemdefinition.

Die (2) *Konstruktion des Referenzmodellrahmens* in der zweiten Phase bestimmt die Modelldomäne auf der Basis einer Klasse von für verschiedene Organisationen identischer Probleme. Diese können hier aus den FwDV abgeleitet und als die bei

jeder Feuerwehr regelmäßig anfallenden Einsatzarten (wie Lösch-, Hilfeleistungs- und ABC-Einsatz) verstanden werden. Der Referenzmodellrahmen besteht außerdem aus den in den FwDV beschriebenen Teilprozessen, die bei einem Einsatz auszuführen sind.

Während der (3) *Konstruktion der Referenzmodellstruktur* werden diese Bausteine im Detail ausgestaltet und formalisiert sowie die Teilmodelle mithilfe einer Prozessmodellierungssprache beschrieben. Im Folgenden kommt dafür die *Ereignisgesteuerte Prozesskette* (EPK) zum Einsatz. Diese Sprache ist aufgrund der geringen Anzahl unterschiedlicher Syntaxelemente und der flexiblen Möglichkeiten zur Modellgestaltung auch für Nicht-Modellierungsexperten einfach zu erlernen und zu verstehen. Die Teilprozesse werden durch Verknüpfungen in einen zeitlich-logischen Zusammenhang gebracht sowie durch Hinterlegungen hierarchisch strukturiert. So entstehen mehrere Hauptmodelle, innerhalb derer durch die einzelnen Teilprozesse navigiert werden kann.

Im Rahmen der (4) *Komplettierung* wird das Referenzmodell vervollständigt und um interne und externe Querverbindungen erweitert. Im Rahmen einer Prüfung anhand der *Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung* [5] findet hier bereits eine erste qualitative Modellvalidierung statt. In der letzten Phase erfolgt die (5) *Anwendung des Referenzmodells zu Evaluationszwecken*. Das Modell soll dabei seinen Nutzen als strukturierte Sammlung von Handlungsempfehlungen unter Beweis stellen. Dazu wird es als Grundlage eines Prozessassistenzsystems eingesetzt, welches die Feuerwehrleute während eines Rettungseinsatzes unterstützen soll. Dieses Assistenzsystem wird aktuell im Projekt A-DRZ unter Verwendung gestaltungsorientierter Forschungsmethoden entwickelt [16]. Das hier präsentierte Referenzmodell stellt eine wichtige Komponente und Grundlage für eine korrekte Funktionsfähigkeit der Prozessassistenz dar. Die Präsentation der Nutzung des Modells in diesem Kontext dient somit auch der Validierung und einer ersten Evaluation der dargestellten Modellinhalte.

4 Ergebnisse der Referenzmodellentwicklung

4.1 Problemdefinition

Das Ziel dieses Beitrags liegt in der Entwicklung eines Referenzprozessmodells für zentrale Aufgaben der Feuerwehr in Rettungseinsätzen. Da die Feuerwehrgesetze der 16 Bundesländer teilweise unterschiedliche Standards, Bezeichnungen und Abläufe aufweisen, wurden im vorliegenden Fall die FwDV für die Referenzmodellierung herangezogen. Die FwDV beschreiben grob zentrale Abläufe eines vorgegebenen Spektrums an Einsatzarten unter Benennung von Aufgaben, Organisationseinheiten, verwendeten Ressourcen und Sicherheitshinweisen. Sie umfassen u. a. aber auch Beschreibungen der nötigen Einsatzmittel, Schutzausrüstung, Kommunikationstechniken und Ausbildungsmethoden. In dem hier entwickelten Referenzmodell liegt das Augenmerk insbesondere auf Prozessen mit klar erkennbarer Struktur sowie möglichst hoher Wiederholungszahl und somit hoher praktischer Relevanz.

4.2 Konstruktion des Referenzmodellrahmens: Analyse der FwDV

Innerhalb der ersten Phase der Referenzmodellkonstruktion wurden neun wichtige Vorschriften für Rettungseinsätze als Quelle herangezogen, da in ihnen Zweck, Ziel und Anwendungsbereiche des zu erstellenden Referenzmodells definiert sind. Zunächst erfolgte eine Kategorisierung der Vorschriften, um einen Überblick zu etwaigen Überschneidungen zu erhalten. Die Vorschriften 1, 3 und 10 bestimmen grundsätzliche Regeln für den Lösch- und Hilfeleistungseinsatz. Durch Vorschrift 500 wird zusätzlich der Umgang mit Gefahrgütern wie radioaktiven, biologischen oder chemischen Stoffen geregelt. In den Vorschriften 100 und 800 sind einsatzübergreifende Führungs- und Kommunikationstechniken festgehalten. Die weiteren Vorschriften definieren und beschreiben u. a. ausbildungsrelevante Aspekte und Ausrüstungsbestimmungen. Tabelle 1 gibt eine Übersicht zu den Inhalten der FwDV.

Tabelle 1: Übersicht relevanter Feuerwehr-Dienstvorschriften (FwDV)

Nummer	Titel und Inhalt	Stand
FwDV 1, [3]	Grundtätigkeiten (Lösch- und Hilfeleistungseinsatz) Persönliche Schutz- und Einsatzausrüstung; Handhabung und Bedienung von Einsatzgeräten; Sichern und Retten; Absichern von Einsatzstellen	2007
FwDV 2, [17]	Ausbildung der freiwilligen Feuerwehr Rahmenrichtlinien; Musterausbildungspläne	2012
FwDV 3, [18]	Einheiten im Lösch- und Hilfeleistungseinsatz Taktische Einheiten; Sitz- und Antreteordnung; Einsatzablauf beim Löscheinsatz; Einsatzablauf beim Hilfeleistungseinsatz	2008
FwDV 7, [19]	Atemschutz Anforderungen an Atemschutzgeräteträger; Einsatzgrundsätze mit Atemschutz	2005
FwDV 8, [20]	Tauchen Tauchausrüstung; Ausbildung, Fortbildung, Prüfung; Taucheinsatz	2014
FwDV 10, [21]	Die tragbaren Leitern Arten von tragbaren Leitern; Verwendung von tragbaren Leitern	1996
FwDV 100, [2]	Führung und Leitung im Einsatz Führungsverhalten; Führungsorganisation; Führungsmittel	1999
FwDV 500, [22]	Einheiten im ABC-Einsatz Vorbereitende Maßnahmen; Sonderausrüstung; A-Einsatz, B-Einsatz, C-Einsatz	2012
FwDV 800, [23]	Informations- und Kommunikationstechnik im Einsatz Einsatzgrundsätze; Informations- und Kommunikationsverbindungen; Technische und organisatorische Maßnahmen; Schulungsmaßnahmen	2017

Um im Rahmen der zweiten Phase des verwendeten Vorgehensmodells einen Referenzmodellrahmen zu erstellen, wurden die betrachteten FwDV so angeordnet und miteinander verbunden, dass eine vereinte Struktur entstand. Da bestimmte Vorschrif-

ten sehr allgemein gehalten sind und andere wiederum Spezialfälle beschreiben, bot es sich an, sie in unterschiedliche Ebenen entlang des Spezialisierungsgrades einzuordnen.

Die übergreifende Ebene I basiert auf der FwDV 1. Sie regelt die allgemeinen Einsatzgrundsätze und die Verwendung der Einsatzgeräte. Auf Ebene II sind diejenigen Vorschriften angesiedelt, welche die erste Vorschrift um weitere Einsatzmittel, Ausrüstung und Methoden ergänzen. Dazu zählen FwDV 2, 7, 10 und 800. Damit sind die Einsatzwerkzeuge und -grundsätze umfassend definiert. Der generische Ablauf eines Einsatzes wird auf Ebene III beschrieben. FwDV 100 regelt zunächst die generelle Erkundung, Planung und Kontrolle von Einsätzen. Auf Ebene IV werden die konkreten Einsatzabläufe behandelt, welche in FwDV 3, 8 und 500 beschrieben sind. Bei den konkreten Einsatzarten handelt es sich um die zentralen Aufgaben der Feuerwehr im Rettungseinsatz: Löscheinsätze, Hilfeleistungseinsätze und ABC-Einsätze. In Abbildung 1 werden die vier Ebenen visualisiert.

Ebene I: Grundlagen	FwDV 1: Grundtätigkeiten
Ebene II: Spezifische Ergänzungen	FwDV 2: Ausbildung FwDV 7: Atemschutz FwDV 10: Tragbare Leitern FwDV 800: LuK
Ebene III: Einsatz (generell)	FwDV 100: Einsatzleitung
Ebene IV: Einsatz (konkret)	FwDV 3: Lösch- und Hilfeleistungseinsatz FwDV 8: Taucheinsatz FwDV 500: ABC-Einsatz

Abbildung 1: Strukturierung der FwDV als Referenzmodellrahmen

4.3 Konstruktion der Referenzmodellstruktur

Aufbauend auf einer detaillierten Inhaltsanalyse der Vorschriften und der Erstellung des Modellrahmens erfolgte im Rahmen der dritten Phase die Konstruktion der Referenzmodellstruktur. Dazu wurden die identifizierten Prozesse unter Verwendung der EPK modelliert und miteinander verknüpft. Die zuvor definierten Ebenen boten dabei eine Orientierung für alle Zusammenhänge zwischen den zu modellierenden Teilprozessen. Zunächst wurden wichtige Grundlagen (Ebene I) modelliert und danach die daraus gewonnenen Teilprozesse genutzt, um durch Verbindungen, Hinterlegungen und Informationen aus den Ebenen II bis IV Prozessmodelle für die konkreten Einsatztypen zu generieren.

Insgesamt besteht das erstellte Referenzmodell aus drei Hauptprozessen und 36 Teilprozessen. Die Hauptprozesse umfassen den Lösch-, Hilfeleistungs- und ABC-Einsatz. Sie sind jeweils untereinander verbunden, da sie häufig auf dieselben Teilprozesse zugreifen. In Abbildung 2 sind die Prozesshinterlegungen und damit die Beziehungen zwischen Hauptprozessen (in Blau) und Teilprozessen (in Grau) schematisch dargestellt, wobei z. B. der Pfeil von „Löscheinsatz“ zu „Hydrant verwenden“ bedeutet, dass letzterer Teilprozess im Rahmen der Ausführung des übergeordneten Prozesses aufgerufen wird. In dieser Darstellung wurden der Übersichtlichkeit

halber Teilprozesse ausgespart, welche die Verwendung spezieller Geräte beschreiben (z. B. „Rettungszyylinder bewegen“ in „Bewegen von Lasten“).

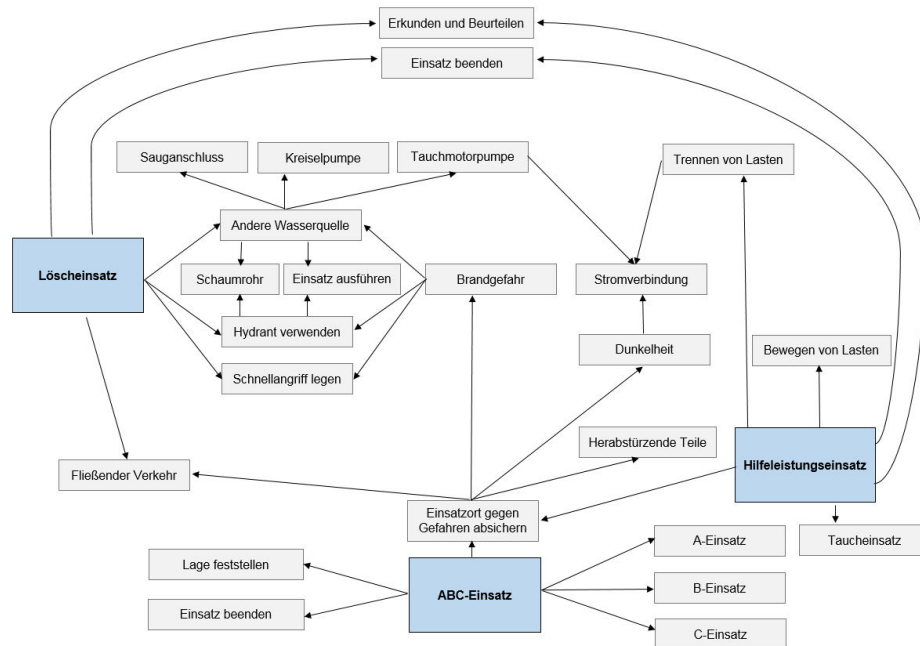


Abbildung 2: Prozesslandkarte und Übersicht über Hinterlegungen (nicht vollständig)

Der erste Hauptprozess befasst sich mit dem Ablauf eines Löscheinsatzes. Die zeitlich-logische Aneinanderreihung der Aufgaben orientiert sich dabei stark an den in FwDV 3 beschriebenen Grundsätzen. Die Verwendung der benötigten Einsatzgeräte ist auf Grundlage von FwDV 1 modelliert. Insgesamt werden dem ersten Hauptprozess zwölf Teilprozesse zugeordnet, die teilweise auch alternative Vorgehensweisen beschreiben können (z. B. „Hydrant verwenden“ vs. „Andere Wasserquelle“).

Der zweite Hauptprozess des Referenzmodells beschreibt das Vorgehen im Falle eines Hilfeleistungseinsatzes. Der Ablauf orientiert sich dabei am zweiten Teil der FwDV 3. Wie auch schon im vorherigen Hauptprozess werden innerhalb des Einsatzes eine Vielzahl von Geräten, etwa zur Beleuchtung, Bewegung oder Trennung von Lasten sowie zum Transportieren von Verletzten verwendet. Um die ordnungsgemäße Benutzung der Geräte zu modellieren, wird hier ebenfalls FwDV 1 herangezogen. Der Prozess zur technischen Hilfeleistung umfasst 19 mögliche Teilprozesse, welche die Abwehr von Gefahren an der Einsatzstelle und die Rettung von Personen beschreiben.

Häufig besteht während eines Feuerwehreinsatzes in Industrieanlagen das Risiko des Austritts von Gefahrenstoffen. Dabei lassen sich die Kategorien *atomar*, *biologisch* und *chemisch* (ABC) unterscheiden. Der dritte Hauptprozess regelt den Umgang mit diesen Stoffen im sogenannten *ABC-Einsatz*. Die zeitlich-logische Abfolge der auszuführenden Tätigkeiten wurde aus FwDV 500 abgeleitet. Der Hauptprozess um-

fasst sechs Teilprozesse, die als Hinterlegungen entlang des Kontrollflusses angesiedelt sind.

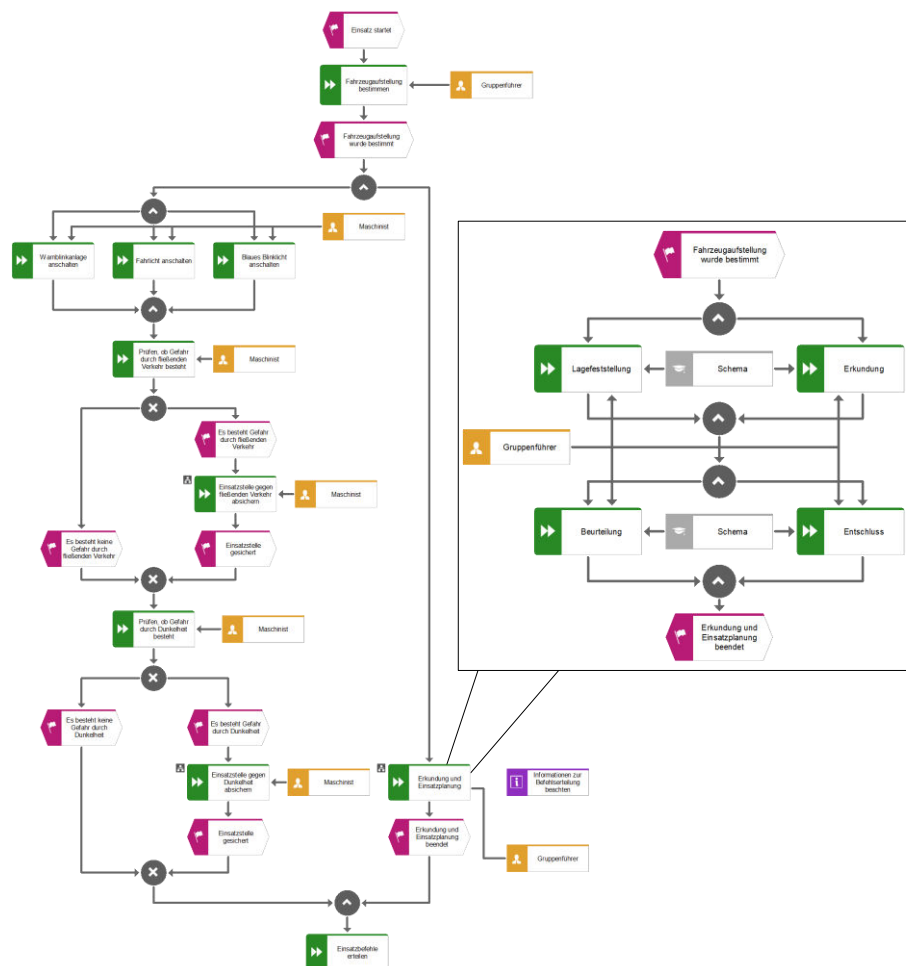


Abbildung 3: Hauptprozess „Feuerlöscheininsatz“ (Auszug, links) mit hinterlegtem Teilprozess „Erkundung und Einsatzplanung“ (rechts)

In Abbildung 3 ist beispielhaft ein Auszug aus dem Hauptprozess „Feuerlöscheininsatz“ abgebildet. Handelnde Personen sind der Gruppenführer und ein Maschinist. Der Prozess beginnt mit der Fahrzeugaufstellung. Danach schaltet der Maschinist die Beleuchtung des Fahrzeugs an und sichert den Einsatzort gegenüber Gefahren durch fließenden Verkehr und Dunkelheit. Der Gruppenführer führt den Teilprozess „Erkundung und Einsatzplanung“ aus, der notwendig ist, um weitere nötige Einsatzbefehle zu erteilen. Dieser Teilprozess ist in einem separaten Modell (rechts) hinterlegt und enthält die Aktivitäten „Lagefeststellung“, „Erkundung“, „Beurteilung“ und „Entschluss“.

4.4 Kompletierung

Nach der Konstruktion der Referenzmodellstruktur erfolgte die Kompletierung des Referenzmodells. Im ersten Schritt wurden interne Querverbindungen innerhalb des Modells geschaffen, indem mehrfach durchgeführte Teilprozesse ausgelagert und hinterlegt wurden. Durch die Reduktion sich wiederholender Prozesszweige wird der Modellumfang verringert und das Modell dadurch leichter überschaubar. Weiterhin wurde das Modell um externe Querverbindungen erweitert. Eine große Rolle bei der Einsatzausführung spielen Sicherheitshinweise, technische Eigenschaften von Geräten und sonstige wichtige Informationen. Sie beschreiben u. a. die anzustrebenden oder zu unterlassenden Handlungen bei der Prozessausführung, bei Abweichungen vom Normalfall und Regelungen zur Ausrüstung. Da diese häufig nicht gut zur Prozessmodellierung geeignet sind, wurden sie als zusätzliche Informationsobjekte in den Modellen hinterlegt. Die Informationsobjekte sind den jeweils relevanten Funktionen zugeordnet, sodass im Rahmen der Funktionsausführung auf die jeweiligen Informationen zugegriffen werden kann. Insgesamt besteht das komplettierte Referenzprozessmodell aus 45 EPK-Modellen und umfasst insgesamt 1717 Modellelemente (inkl. Funktionen, Ereignissen, Organisationseinheiten, Informationsobjekten und logische Konnektoren).

Ein weiterer Aspekt der Kompletierung sind die Wahrung und Überprüfung der Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung (Konstruktionsadäquanz, Sprachadäquanz, Wirtschaftlichkeit, Klarheit, systematischer Aufbau und Vergleichbarkeit) nach Schütte (1998). Der *Konstruktionsadäquanz* wird dadurch Rechnung getragen, dass das Referenzmodell in seiner Struktur und seiner Terminologie möglichst eng den Vorgaben der FwDV folgt. Es wird angenommen, dass diese durch den Einfluss der Anwender und den stetigen Anpassungsprozess sowohl die Problem- als auch die Lösungsdomäne angemessen darstellen. Die *Sprachadäquanz* umfasst sowohl die Wahl der Modellierungssprache als auch deren syntaktisch korrekte und semantisch zutreffende Anwendung. Die für die Modellierung gewählte EPK gilt im Allgemeinen als einfache und zugleich aussagekräftige Modellierungssprache. Die korrekte Verwendung von Syntax sowie die Modellsemantik wurden von Modellierungs- und Domänenexperten überprüft. Im vorliegenden Anwendungsfall ließe sich allerdings kritisieren, dass die Modelle sehr umfangreich sind, u. a., weil die EPK keine domänenspezifischen Konstrukte bereithält, um Sachverhalte präzise und zugleich platzsparend zu beschreiben. Der Grundsatz der *Wirtschaftlichkeit* ist auch im vorliegenden Kontext der Rettungsdomäne von Bedeutung, bezieht sich allerdings dediziert auf eine effiziente Gestaltung der resultierenden Prozessdurchlaufzeiten und weniger auf die im Rahmen der Prozessausführung entstehenden Kosten, da die Arbeit der Feuerwehr primär auf die Rettung von Menschenleben abzielt. Die *Klarheit* des Referenzmodells wird durch eine übersichtliche Anordnung der grafischen Symbole sichergestellt. Darunter fällt die symmetrische Gestaltung des Kontrollflusses und die Hinterlegung großer Prozessabschnitte (sinnvolle Dekomposition). Der *systematische Aufbau* erfolgte anhand der inhaltlich relevanten Bereiche und unter Berücksichtigung verschiedener Detaillierungsebenen. Beim Aspekt der *Vergleichbarkeit* ist insbesondere die grafische Modelldarstellung in Abgrenzung zur rein textuel-

len Darstellung zu betrachten, da erstere einen besonders einfachen und schnellen Abgleich z. B. von Missionsstatus und Referenzmodell erlaubt. Neben der Validierung anhand der Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung wurden Teile des konstruierten Referenzmodells verschiedenen Domänenexperten präsentiert und initial positiv eingeschätzt. Tiefergehende qualitative und quantitative Evaluationen sind im Rahmen der Nutzung des Referenzmodells in verschiedenen Anwendungsszenarien im Projekt A-DRZ geplant. Im folgenden Abschnitt wird die Anwendung als Grundlage eines Prozessassistenzsystems skizziert.

4.5 Anwendung des konstruierten Referenzmodells zu Evaluationszwecken

Für das entwickelte Referenzmodell gibt es viele Anwendungsmöglichkeiten. So lässt es sich beispielsweise verwenden, um Feuerwehrleuten in Ausbildung die grundlegenden Prozesse und Abläufe während eines Einsatzes grafisch und prozessorientiert nahezubringen. Indem das Referenzmodell ex-post mit Prozessdaten aus realen Einsätzen verglichen wird, lässt sich überprüfen, ob von den vorgegebenen Prozessdefinitionen abgewichen wurde. Dazu können beispielsweise Conformance-Checking-Methoden angewendet werden [24]. Erfolgt Abweichungen aus guten Gründen, kann das Referenzmodell angepasst und verbessert werden. Im Folgenden wird nun ein weiteres Anwendungsszenario des Referenzmodells als Basis eines Prozessassistenzsystems detailliert dargestellt, dessen grundlegende Idee in [25] bereits kurz beschrieben wurde.

Während eines großen Feuerwehreinsatzes ist es die Aufgabe der Führungskräfte, zahlreiche parallel ablaufende Aktivitäten zu überwachen und zu koordinieren, was eine große kognitive Belastung darstellen kann. Um diese Belastung zu reduzieren und die Arbeit der Führungskräfte zu erleichtern, wird im Projekt A-DRZ aktuell ein Prozessassistenzsystem entwickelt. Dieses bildet den aktuellen Status eines Rettungseinsatzes in Form verschiedener Prozessmodelle ab. Aus den Daten verschiedener, im Einsatz genutzter Informationssysteme werden die aktuell laufenden Aktivitäten abgeleitet und dargestellt. Wird eine Aktivität abgeschlossen oder neu begonnen, wird die Darstellung in Echtzeit aktualisiert und so sukzessive ein Prozessmodell aufgebaut. Hat eine laufende Aktivität mehrere mögliche Ergebnisse und davon abhängige Folgeaktivitäten, so werden diese ebenfalls angezeigt. Inspiziert beispielsweise eine Einsatzkraft ein unbekanntes Objekt auf potenziell gefährliche Chemikalien, so sieht die Führungskraft bereits im Vorhinein, welche Aktivitäten eingeleitet werden müssen, falls solche Substanzen gefunden werden. Sobald die Inspektion des Objekts abgeschlossen ist und das Ergebnis feststeht, werden nur noch die eingetretenen Ereignisse und die darauffolgend zu initiiierenden bzw. initiierten Aktivität angezeigt.

Weiterhin verknüpft das Prozessassistenzsystem die reine Steuerungssicht des Prozessmodells (Abb. 4) mit der Organisationssicht und einer Aufgabenliste („Taskmanager“, Abb. 5) zur besseren Übersichtlichkeit. Im Taskmanager sind alle Aufgaben aufgeführt, welche aktuell ausgeführt werden („aktiv“) oder ausgeführt werden sollen („offen“). Jeder Einsatzkraft (bzw. jedem Trupp) ist in der Ansicht eine eindeutige Farbe zugeordnet. Die „aktiven“ Handlungen werden sowohl im Prozessmodell als auch im Taskmanager in dieser Farbe hinterlegt, damit die Führungskraft sofort sehen

kann, welches Teammitglied gerade welche Aufgabe ausführt. So kann im Bedarfsfall zügig ermittelt werden, welche Einsatzkräfte neu anstehende Aufgaben erledigen können.

Dem Referenzmodell kommt im Rahmen der Prozessassistenz eine zentrale Bedeutung zu. Es stellt eine Vorlage für die auszuführenden Prozesse bereit, sodass die einzelnen Aktivitäten erkannt und semantisch sinnvoll verknüpft werden können. Darüber hinaus gibt es den Einsatzkräften konkrete Handlungsempfehlungen, indem es zu ergreifende nächste Schritte anzeigt. Durch die zusätzliche Modellierung der Organisationssicht wird die Zuordnung von Einsatzkräften zu Aufgaben erleichtert. Durch die grafische und strukturierte Aufbereitung relevanter Inhalte können Einsatzkräfte die Situation schneller erfassen und adäquat entscheiden und handeln.

Die Abbildungen 4 und 5 zeigen Ausschnitte aus der grafischen Benutzungsoberfläche (GUI) des Prozessassistenzsystems zu Beginn eines Löscheinsatzes. Das aktive Einsatzteam besteht aus der *Gruppenführung* (Gelb) und einem *Maschinisten* (Blau), welche nach aktueller Datenlage mit der Ausführung zweier separater Aktivitäten beschäftigt sind. Nachdem die Gruppenführung – wie im Referenzmodell in Abb. 3 beschrieben – die Fahrzeugaufstellung bestimmt und der Maschinist für die nötige Warnbeleuchtung gesorgt hat, kümmert sich der Maschinist darum, die Verkehrssituation in der Umgebung des herrschenden Brandes zu regeln („Einsatzstelle gegen fließenden Verkehr absichern“, blau markiert). Die Gruppenführung führt aktuell die Erkundung der Umgebung durch und plant die weiteren Aktivitäten des Löscheinsatzes auf dieser Grundlage („Erkundung und Einsatzplanung“, gelb markiert). Der Taskmanager (Abb. 5) listet übersichtlich aktuelle Aktivitäten und nächste offene Schritte auf.

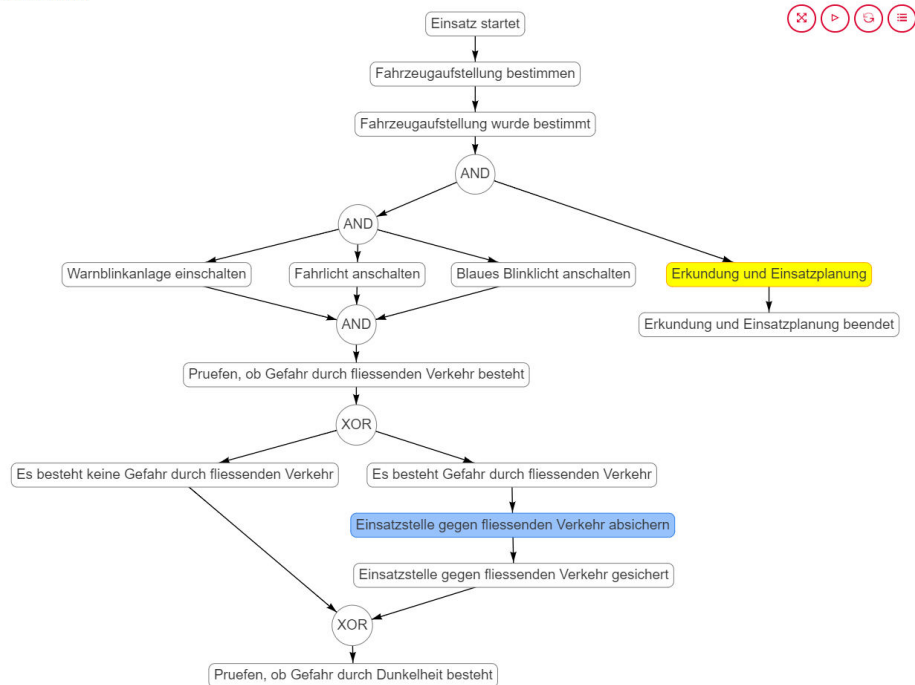


Abbildung 4: Ausschnitt aus der GUI zu Beginn eines Löscheinsatzes – Prozessmodell

Taskmanager
Aktueller Einsatz

Task	Beschreibung	Ressource	Status
4	Erkundung und Einsatzplanung	Gruppenführer	aktiv
5	Einsatzstelle gegen fließenden Verkehr absichern	Maschinist	aktiv
6	Prüfen, ob Gefahr durch Dunkelheit besteht		offen

Abbildung 5: Ausschnitt aus der GUI zu Beginn eines Löscheinsatzes – Taskmanager

Die technische Umsetzung der Prozessassistenz beruht auf der Erhebung von Echtzeitdaten über den Status des jeweiligen Einsatzes, welche mit dem im Referenzmodell enthaltenen Wissen verknüpft werden. Dazu wird die funkbasierte Kommunikation zwischen den Einsatzkräften „mitgehört“, mithilfe von Methoden des *Natural Language Understanding* (NLU) *ad-hoc* ausgewertet, durch verschiedene weitere Daten (z. B. Sensordaten von Robotersystemen oder von im Einsatz verwendeten Drohnen) angereichert und mithilfe einer domänenspezifischen Ontologie interpretiert

[25]. So kann in Echtzeit festgestellt werden, welche Einsatzkraft welche Aktivität ausführt. Die Aktivitäten werden mit dem Referenzmodell abgeglichen, um den Status des Prozesses zu analysieren und sinnvolle oder notwendige Folgeaktivitäten vorzuschlagen.

5 Diskussion

Referenzprozessmodelle können eine effiziente und zielgerichtete Kommunikation von Ablaufstrukturen unterstützen. Das entwickelte Referenzmodell für Rettungseinsätze der Feuerwehr bietet vor diesem Hintergrund erstmals eine grafische prozessorientierte Sicht auf relevante Aufgaben von Rettungskräften im Einsatz und kann somit gezielt und effizient notwendige Informationen zur Koordination von Einsätzen zur Verfügung stellen. Auch eine Automatisierung der Koordinationsprozesse wird unterstützt, indem das Referenzmodell in einer maschinell interpretierbaren Repräsentationsform vorliegt. Bei dieser Anwendung zur Prozessassistenz wird u. a. deutlich, dass ein Abgleich der aktuellen Einsatzsituation mit (flexibel konfigurierbaren) *Best-Practice*-Prozessbausteinen einen entscheidenden Vorteil gegenüber einer starren Prozessplanung bieten kann. Das entwickelte Referenzprozessmodell stellt dabei einen Vergleichsstandard und eine Sammlung von *Best-Practice*-Vorgehensweisen dar, die in unstrukturierten Einsätzen eine hilfreiche und situationsadäquate Anleitung anbieten können.

Das entwickelte Referenzmodell weist verschiedene *Limitationen* auf. Es wurde auf der Grundlage der FwDV und somit auf breit abgesichertem Domänenwissen entwickelt. Gleichwohl ist es möglich, dass für die Praxis hilfreiche Vorgehensweisen, die nicht in textueller Form in den Dienstvorschriften dargelegt sind, im Modell nicht berücksichtigt wurden. Darüber hinaus ist unklar, ob die Aufbereitung und Darstellung der FwDV als Prozessmodell im Einsatzkontext tatsächlich einen Mehrwert für die Einsatzkräfte bieten. Initiale inhaltliche Validierungsaktivitäten mit Domänenexperten im Projekt A-DRZ zeigten positive Ergebnisse. Darüber hinaus ist eine tiefergehende Evaluation des Prozessassistenzsystems geplant. Zunächst sollen das Referenzmodell und die Prozessassistenz in Experteninterviews bewertet, ergänzt und komplettiert werden. Danach soll das System innerhalb verschiedener Einsatzübungen des Projekts A-DRZ zum Einsatz kommen und sein Nutzen von den beteiligten Einsatzkräften bewertet werden. Erwartet wird, dass die Einsatzkräfte durch den Einsatz des Systems Informationen schneller und zuverlässiger erhalten, schneller entscheiden, weniger Fehler machen und ihre kognitive Belastung insgesamt reduziert wird.

6 Fazit

Der vorliegende Beitrag verfolgte das Ziel, anhand einer Methode zur deduktiven Referenzmodellierung ein Referenzprozessmodell für Rettungseinsätze der Feuerwehr zu entwickeln, das prozessorientiert Handlungsanweisungen für Einsatzkräfte zur Verfügung stellt, und dieses im Rahmen eines Prozessassistenzsystems für Rettungseinsätze exemplarisch anzuwenden. Es zeigte sich, dass die FwDV eine geeignete

Grundlage für die Entwicklung eines prozessorientierten grafischen Referenzmodells für Rettungseinsätze darstellen. Für die Modellentwicklung war ein erheblicher Reorganisations- und Klassifikationsaufwand nötig. Gleichwohl zeigte sich im Rahmen initialer Validierungsaktivitäten und durch die skizzierte Anwendung im Prozessassistenzsystem, dass das entwickelte Modell valide Handlungsempfehlungen präsentiert und somit eine gute Grundlage für die weitere Entwicklung der Prozessassistenz im Projekt A-DRZ darstellt. Das Anwendungsbeispiel zur Nutzung des Referenzmodells verdeutlicht darüber hinaus die vielseitigen Nutzungsmöglichkeiten von Referenzmodellen in innovativen digitalen Assistenzsystemen. Der Anwendungskontext der Feuerwehrdomäne als wichtige öffentliche Aufgabe illustriert zudem die Nutzenpotentiale von Referenzmodellen in Systeminnovationen für den öffentlichen Bereich.

Danksagung: Die hier vorgestellten Forschungsergebnisse wurden im Rahmen des BMBF-geförderten Forschungsprojektes A-DRZ (FKZ: 13N14856) erarbeitet.

Referenzen

1. Schmidt, J.: Feuerwehr. In: C. Neitzel and K. Ladehof, (eds.): Taktische Medizin. Springer (2012) 307-310
2. o. A.: FwDV 100: Führung und Leitung im Einsatz, <https://www.idf.nrw.de/service/downloads/pdf/fwdv100.pdf>, letzter Abruf: 16.08.2019. (1999)
3. o. A.: FwDV 1: Grundtätigkeiten - Lösch- und Hilfeleistungseinsatz. https://www.idf.nrw.de/service/downloads/pdf/fwdv1_stand_sept06.pdf, letzter Abruf: 16.08.2019. (2007)
4. vom Brocke, J.: Referenzmodellierung - Gestaltung und Verteilung von Konstruktionsprozessen. Logos, Berlin (2003)
5. Schütte, R.: Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung – Konstruktion konfigurations- und anpassungsorientierter Modelle. Gabler, Wiesbaden (1998)
6. Fettke, P.: Referenzmodellevaluation – Konzeption der strukturalistischen Referenzmodellierung und Entfaltung ontologischer Gütekriterien. Logos, Berlin (2006)
7. Daun, C., Matheis, T.: Constructing a reference process model for E-Government. In: Proceedings of the 7th International Conference on "The Modern Information Technology in the Innovation processes of the Industrial Enterprises (MITIP) (2005) 10-14
8. Hinkelmann, K., Thänssen, B., Probst, F.: Referenzmodellierung für E-Government-Services. Wirtschaftsinformatik 47 (2005) 356-366
9. Beuther, A., Dadashina, S., Fettke, P., Gutermuth, O., Houy, C., Loos, P.: Entwicklung eines Referenzmodells für die wirtschaftliche Jugendhilfe. In: Tagungsband MKWI 2018, 633-644
10. Algermissen, L.: Prozessorientierte Verwaltungsmodernisierung: Gestaltung der Prozesslandschaft in öffentlichen Verwaltungen mit der PICTURE-Methode. Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster (2007)
11. Scholta, H., Niemann, M., Delfmann, P., Räckers, M., Becker, J.: Semi-automatic inductive construction of reference process models that represent best practices in public administrations: A method. Information Systems 84 (2019) 63-87
12. Hofmann, M., Betke, H., Sackmann, S.: Process-oriented disaster response management: A structured literature review. Business Process Management Journal 21 (2015) 966-987
13. Gašparín, M.: Identification and description of processes at the operational and information centre of the fire and rescue service of the Czech Republic. Quality Innovation Prosperity 19 (2015) 1-12

14. Kittel, K., Sackmann, S., Betke, H., Hofmann, M.: Achieving Flexible and Compliant Processes in Disaster Management. In: 46th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS) (2013) 4687-4696
15. Peinel, G., Rose, T., Wollert, A.: The myth of business process modelling for emergency management planning. In: 9th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM) (2012)
16. Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., Ram, S.: Design Science in Information Systems Research. *MIS Quarterly* 28 (2004) 75-105
17. o. A.: FwDV 2: Ausbildung der freiwilligen Feuerwehr, https://www.idf.nrw.de/service/downloads/pdf/fwdv_2_stand_01_2012.pdf, letzter Abruf: 10.08.2019. (2012)
18. o. A.: FwDV 3: Einheiten im Lösch- und Hilfeleistungseinsatz, https://www.idf.nrw.de/service/downloads/pdf/fwdv3_200802.pdf, letzter Abruf: 10.08.2019. (2008)
19. o. A.: FwDV 7: Atemschutz, <https://www.idf.nrw.de/service/downloads/pdf/fwdv7.pdf>, letzter Abruf: 10.08.2019. (2005)
20. o. A.: FwDV 8: Tauchen, https://www.lfs-bw.de/Fachthemen/RechtOrganisation/Documents/FwDV/FwDV_008.pdf, letzter Abruf: 10.08.2019. (2014)
21. o. A.: FwDV 10: Die tragbaren Leitern, <https://www.idf.nrw.de/service/downloads/pdf/fwdv10.pdf>, letzter Abruf: 10.08.2019. (1996)
22. o. A.: FwDV 500: Einheiten im ABC-Einsatz, https://www.idf.nrw.de/service/downloads/pdf/fwdv500_jan2012.pdf, letzter Abruf: 10.08.2019. (2012)
23. o. A.: FwDV 800: Informations- und Kommunikationstechnik im Einsatz, https://www.idf.nrw.de/service/downloads/pdf/fwdv800_nov2017.pdf, letzter Abruf: 10.08.2019. (2017)
24. van der Aalst, W.: Process Mining. *Communication of the ACM* 55 (2012) 76-83
25. Willms, C., Houy, C., Rehse, J.-R., Fettke, P., Kruijff-Korbayová, I.: Team communication processing and process analytics for supporting robot-assisted emergency response. *Proceedings of 2019 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR)*. IEEE, September 2-4, Würzburg, Germany (2019)