

# Framework zur Simulation von realistischen Einsatzszenarien

Silvia Krug, Maik Debes, Jochen Seitz

Fachgebiet Kommunikationsnetze  
Technische Universität Ilmenau  
Postfach 100565  
98684 Ilmenau  
silvia.krug@tu-ilmenau.de  
maik.debes@tu-ilmenau.de  
jochen.seitz@tu-ilmenau.de

## Abstract:

Für die Analyse von Kommunikationssystemen für Rettungskräfte sind aussagekräftige Bewegungsszenarien erforderlich, die das gesamte Einsatzspektrum der Retter abdecken. Mithilfe dieser Bewegungsszenarien kann auf Basis von Simulationen evaluiert werden, welche Anforderungen an die Kommunikation bestehen. Diese Simulationen sind die Voraussetzung für die Entwicklung leistungsfähiger Kommunikationsprotokolle. In diesem Beitrag wird ein Framework zur Erzeugung und Visualisierung generischer Einsatzszenarien anhand von Bewegungsmustern und generischen Einsatzabläufen vorgestellt. Mit Hilfe des Frameworks können Traces für die Bewegung der Rettungskräfte in verschiedenen Szenarien erzeugt werden. Durch die Visualisierung der Traces in einer Simulationsumgebung erlaubt dies zusätzlich zur reinen Evaluation der Kommunikationsaspekte auch die Analyse auf Planungsebene.

## 1 Einleitung

Nach Naturkatastrophen aber auch bei anderen Rettungseinsätzen ist eine effiziente Koordinierung der Einsatzkräfte notwendig, um möglichst viele Menschen zu retten und den Schaden zu begrenzen. Die Kommunikationssysteme der beteiligten Rettungskräfte spielen für diese Aufgabe eine zentrale Rolle, da die Kommunikation zwischen den einzelnen Rettern die Basis für einen effektiven Einsatz darstellt. Wachsende Anforderungen an die zu übertragende Datenmenge zum Beispiel durch Videoübertragungen erfordern neue Kommunikationssysteme, die idealerweise unabhängig von einer eventuell beschädigten Infrastruktur arbeiten können.

Um solche Systeme entwerfen zu können, müssen Einsatzszenarien analysiert werden, die ein möglichst breites Einsatzspektrum realistisch abbilden können. Ziel der Analyse ist dann die Identifikation von Randbedingungen, wie zum Beispiel der erforderlichen Reichweite oder der verfügbaren Anzahl an Knoten, die Kommunikationsgeräte darstellen. Simulationen stellen ein geeignetes Werkzeug für diese Analyse dar. In Bezug auf

die Einsatzkommunikation ist insbesondere die Simulation der Bewegung von Einsatzkräften im Gelände interessant, weil sie Rückschlüsse auf zentrale Fragen zur Position und der Entfernung zwischen den Einsatzkräften ermöglicht. Die Position kann auch für die entsprechenden mobilen Kommunikationsgeräte angenommen werden. Damit die entsprechenden Szenarien realitätsnah sind, ist ein gewisses domänenspezifisches Wissen erforderlich. Dieses kann entweder durch Nachbildung realer Einsätze oder Übungen gewährleistet werden, wenn zum Beispiel GPS-Daten für Rettungskräfte erfasst wurden, oder indem mögliche Schadenslagen, wie Hochwasser oder Waldbrände, mit entsprechenden Experten evaluiert werden.

Für eine Analyse der Kommunikationswege ist in jedem Fall nur relevant, wie viele Retter mit welcher Kommunikationsausrüstung im Szenario unterwegs sind, wo sie sich zu bestimmten Zeitpunkten aufhalten und wie schnell sie sich bewegen. Je nach Detailierungsgrad ermöglichen diese Szenarien insbesondere bei entsprechender Visualisierung auch Rückschlüsse auf einsatztaktische Parameter, die den Rettungskräften selbst ermöglichen, bestimmte Situationen für Schulungszwecke und zur Gefahrenabschätzung zu verwenden.

In diesem Beitrag wird ein Framework zur Erzeugung und Simulation realitätsnaher Einsatzszenarien vorgestellt, das die flexible Konfiguration verschiedener Szenarien ermöglicht. Die so erzeugten Szenarien können anschließend in verschiedenen Simulationsumgebungen genutzt werden oder direkt mit der im Framework enthaltenen Simulationsumgebung evaluiert werden. Diese enthält auch eine Möglichkeit zur Visualisierung der entsprechenden Szenarien.

## **2 Simulation von Einsatzszenarien**

### **2.1 Netzwerkevaluation**

Für die Evaluation verschiedener Kommunikationsprotokolle in Einsatzszenarien werden in der Regel zwei Möglichkeiten verfolgt: Die Verwendung vorher aufgezeichneter GPS-Traces der Rettungskräfte oder die Generierung der Mobilität anhand von mathematischen Bewegungsmodellen.

Traces ermöglichen die realistischste Abbildung der Bewegung der entsprechenden Knoten. Dabei ist jedoch zu beachten, dass eine Aufzeichnung immer nur eine konkrete Situation zeigt. Deshalb sind für grundlegende Analysen sehr viele Daten erforderlich. Nachteilig ist ebenfalls, dass für komplette Szenarien alle Rettungskräfte mit geeigneten GPS-Geräten ausgestattet sein müssen, um entsprechende Traces aufzeichnen zu können.

Eine Alternative bilden verschiedene Bewegungsmodelle, mit deren Hilfe Traces für eine beliebige Anzahl Knoten erzeugt werden können. Diese Modelle werden zum Teil als separate Werkzeuge bereitgestellt oder sind in die normalen Netzwerksimulationsumgebungen integriert. Allerdings werden häufig Modelle verwendet, die rein zufällige Bewegungen der Knoten im angegebenen Gebiet erzeugen. Ein Beispiel dafür ist das Random-Waypoint Modell [CBD02]. Diese Modelle sind für Einsatzszenarien nicht geeignet, weil die Bewegungen der Rettungskräfte nicht zufällig erfolgen. Im Gegensatz dazu ergeben

sich diese Bewegungen aus taktischen Erfordernissen und den entsprechenden Dienstvorschriften.

Ein anderes Modell mit Bezug auf Katastrophenfälle beschreibt die Bewegung anhand von bestimmten Punkten, die auf Knoten anziehend oder abstoßend wirken können [NHIK07]. Die Knoten entfernen bzw. nähern sich diesen Punkten mit entsprechend höherer Wahrscheinlichkeit. Auch dieses Modell ist für die Modellierung der Bewegungen von Rettungskräften nicht ausreichend, ermöglicht aber eine Darstellung der Bewegungen von möglichen Opfern bzw. anderen betroffenen Personen.

Gezielt für Katastrophenfälle wurden Modelle entwickelt, die zum Beispiel ein spezielles Szenario mit sehr vielen Verletzten [AGPG<sup>+</sup>07] oder die Versorgung verschiedener Notunterkünfte nach einer Katastrophe [UNAK09] beschreiben. Diese sehr spezifischen Modelle können das jeweilige Szenario realistisch abdecken, ermöglichen jedoch keine Modellierung anderer Einsatzszenarien.

## 2.2 Simulation zur Analyse von Einsätzen

Eine andere Klasse von Simulationen wird für Planungszwecke im Katastrophenschutz bzw. Schulungszwecke in der Ausbildung von Rettungskräften benötigt. In diesem Bereich liegt der Fokus weniger auf der Bewegung aller Knoten und daraus resultierenden Kommunikationsoptionen. Vielmehr ist die realistische Nachbildung einzelner Situationen entscheidend, um Rettungskräfte gezielt auf Einsätze vorzubereiten bzw. eine Abschätzung der möglichen Gefahrensituation zu erreichen.

Zu Trainingszwecken existieren verschiedene Simulationswerkzeuge, die vordergründig die realistische Nachbildung verschiedener Einsatzsituationen aus Sicht einzelner Einsatzkräfte darstellen. Ein Beispiel dafür ist das von der Universität Kassel entwickelte KATIE-System [Fac], das virtuelle dreidimensionale Welten erstellt, in denen der Retter einen Avatar steuert, um einen Einsatz nachzuspielen und der dabei konkrete Aufgaben im jeweiligen Szenario erfüllen muss. Das Konzept wurde von Computerspielen übernommen. Vergleichbare Systeme wurden auch in anderen Ländern entwickelt [CST<sup>+</sup>13, MSZ<sup>+</sup>12]. Die entsprechenden Systeme ermöglichen in der Regel auch die Integration eigener Modelle, um die jeweils lokalen Bedingungen nachzustellen. Diese Ansätze sind sehr detailliert und erlauben eine direkte Sicht auf einzelne Akteure. Allerdings fehlt eine Möglichkeit, die strategischen Aspekte eines Einsatzes bzw. eine globale Sicht auf den Ablauf darzustellen, die insbesondere für die Planung und Koordination solcher Einsätze wichtig ist.

Neben diesen sehr spezifischen Modellen existieren verschiedene Ansätze, um die Ausbreitung von Feuern selbst zu simulieren. Diese Modelle werden teilweise in die oben genannten 3D-Simulationen eingebunden. Sie ermöglichen die Simulation von potentiellen Feuerereignissen und somit eine Abschätzung von der Ausbreitung eines Feuers. Dies ist insbesondere für die Evaluation von größeren Wald- bzw. Buschfeuern relevant [Fin04]. Ohne die entsprechende Berücksichtigung lokal verfügbarer Einsatzkräfte, ist eine geeignete Vorhersage verschiedener Optionen für die Brandbekämpfung jedoch nur schwer möglich.

## 3 Simulationsframework

Das in diesem Beitrag vorgestellte modulare Framework zur Erzeugung und Simulation von generischen Einsatzszenarien ermöglicht einen Überblick über alle Rettungskräfte und deren Zusammenarbeit in einem größeren Einsatz und eignet sich daher neben der Analyse von Kommunikationsanforderungen auch für die Evaluation ganzer Einsätze auf Planungsebene. Dazu können beliebige Einsatzarten modelliert werden.

### 3.1 Anforderungen

Da das vorgestellte Framework sowohl für die Analyse und Evaluation von Kommunikationsaspekten als auch für die Planung und Evaluation von Rettungseinsätzen verwendet werden kann, werden im Folgenden die Anforderungen dieser beiden Verwendungsmöglichkeiten an ein Framework vorgestellt. Wie sich zeigt überlappen sich einige Anforderungen, wodurch die Verwendung eines einzigen Frameworks sinnvoll ist.

#### 3.1.1 Kommunikationsanalyse

Hinsichtlich einer Simulation zur Analyse vorhandener Kommunikationsmöglichkeiten beziehungsweise von Problemen, die bei der Einsatzkommunikation auftreten, werden Informationen zur verwendeten Kommunikationstechnik und die Position der Geräte benötigt. Werden mobile Geräte betrachtet, ist auch der zeitliche Ablauf der Bewegung interessant. Aus diesem Grund ist es wichtig die Bewegung der Konten zu erfassen und in Kombination mit Eigenschaften der gewählten Kommunikationstechnik, wie z.B. der Reichweite und der verfügbaren Bandbreite, zu evaluieren.

Mögliche Analysen sind dann:

- Verzögerungszeiten
- Netzabdeckung
- Mögliche Partitionierungen

Dazu sollte die Simulationsumgebung verschiedene Bewegungsszenarien erzeugen können oder eine Möglichkeit bieten, entsprechende externe Trace-Daten zu importieren. Neben der Erzeugung einzelner Szenarien, ist auch eine Möglichkeit einzelne Parameter zu variieren wichtig, um verschiedene Auswirkungen der Mobilität zu evaluieren. Dabei ist es auch wichtig nicht nur ein Szenario oder eine Gruppe ähnlicher Szenarien zu evaluieren, damit das zu entwickelnde System bzw. Protokoll nicht für dieses Szenario optimiert wird, in anderen Fällen aber nicht anwendbar ist. Gerade für die Kommunikation von Rettungskräften ist die wichtig, da Situationen mit wenigen Knoten in einem großen Gebiet (Hochwasser) und andererseits Situationen mit sehr vielen Knoten in einem kleinen Gebiet (Gebäudebrand) auftreten können und ein Kommunikationssystem in beiden Fällen funktionieren muss.

### 3.1.2 Einsetzevaluation

Sollen reale Einsätze oder entsprechende Übungen in einer Nachbesprechung analysiert werden, ist es interessant, die Positionen der beteiligten Rettungskräfte dynamisch nachzuvollziehen. Dazu können neben während des Einsatzes per GPS erfassten Bewegungsdaten in Form von Traces auch generisch erzeugte Traces verwendet werden, wenn das entsprechende Framework eine realistische Nachbildung der Einsatzbedingungen inklusive Kartenmaterial ermöglicht.

Die dynamische Darstellung des Ablaufes ist auch der wichtigste Vorteil eines solchen Frameworks im Vergleich zu einer rein text-basierten Analyse oder der Verwendung einzelner Momentaufnahmen, weil zeitliche Abläufe deutlich werden und die Auswirkungen einzelner Entscheidungen analysiert werden können. Durch die Integration weiterer zufällige Ereignisse ist es zudem möglich alternative Entscheidungen und ihre Auswirkungen auf den Einsatzverlauf zu evaluieren. Diese Zufallselemente sind daher ein wichtiger Bestandteil des zu entwickelnden Frameworks.

Neben der Analyse von Einsätzen ist die Vorausplanung oder Gefahrenabschätzung für bestimmte seltene Ereignisse ebenfalls ein Anwendungsfall für ein solches Framework. Beispiele für solche Evaluationen können Hochwasserereignisse oder auch Waldbrände sein. In diesem Fall kann die Simulation helfen, die benötigte Anzahl an Rettungskräften sowie kritische Punkte zu ermitteln. Auch in diesem Anwendungsfall ist die dynamische Darstellung des Ablaufes vorteilhaft, um Reaktionszeiten zu ermitteln.

### 3.2 Erstellung generischer Einsätze aus Bewegungsmustern

Die Bewegungen der Rettungskräfte richten sich nach den jeweiligen lokalen Gegebenheiten und der vorgefundenen Situation am Einsatzort. In jedem Fall werden die entsprechenden Dienstvorschriften berücksichtigt. Daraus lässt sich der in Abbildung 1 dargestellte, generische Ablauf eines Einsatzes ableiten.

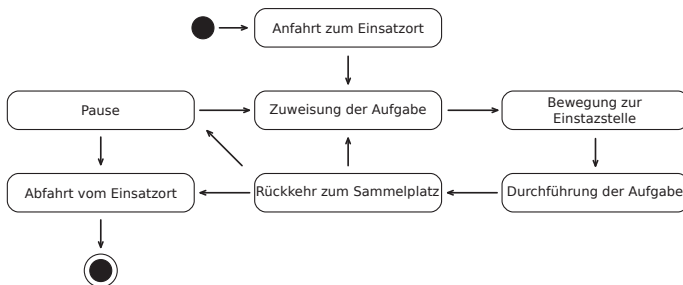


Abbildung 1: Generischer Einsatzablauf

Nach dem Ausrücken begeben sich die Einsatzkräfte zum eigentlichen Einsatzort. Dort

angekommen, werden den einzelnen Gruppen Aufgaben übertragen, die sie an der eigentlichen Einsatzstelle auszuführen haben. Anschließend begeben sich die Gruppen zur jeweiligen Einsatzstelle und beginnen mit der Durchführung der übertragenen Aufgabe. Jede Gruppe kommt unabhängig von den anderen Gruppen nach einer gewissen Zeit oder wenn die Aufgabe erfüllt wurde, zum zentralen Sammelplatz zurück. Dort kann sie ggf. nach einer Pause erneut eine Aufgabe übernehmen oder verlässt den Einsatzort, um zum Stützpunkt zurückzukehren. Diese generische Struktur ermöglicht die Modellierung verschiedener Einsätze vom Gebäudebrand bis zur Suche nach vermissten Personen und Hochwasserereignissen.

Ein solcher Einsatz modelliert ein Fahrzeug und die dazugehörige Mannschaft als eine Gruppe von Knoten. In jeder Phase wird den Gruppenmitgliedern ein entsprechendes Bewegungsmuster zugeordnet und anschließend konfiguriert. Zur Konfiguration gehören zum Beispiel Start- und Zielkoordinaten sowie die Geschwindigkeit mit der sich die Gruppe bewegt. Eine solche Gruppe kann am eigentlichen Einsatzort auch in mehrere Untergruppen, mit unterschiedlichen Aufgaben aufgeteilt werden. Der einzigen Unterschiede zwischen verschiedenen Einsätzen sind die jeweiligen Bewegungsmuster der Rettungskräfte während der eigentlichen Durchführung der Aufgaben, die Anzahl an Rettungskräften insgesamt sowie deren Anzahl in den einzelnen Gruppen. Die übertragenen Aufgaben sind für jeden Einsatztyp spezifisch, kommen aber in vergleichbarer Form häufig vor. Beispiele für aufgabenspezifische Bewegungsmuster sind charakteristische Formationen bei der Suche nach vermissten Personen, das paarweise Vorgehen bei einem Löschangriff oder das Sichern von Deichen mit Hilfe von Sandsäcken. Alle Bewegungsmuster enthalten auch Mechanismen, um Hindernissen auszuweichen, vgl. [KSS<sup>+</sup>14].

Die Übergänge zwischen den einzelnen Phasen werden mit Wahrscheinlichkeiten beschrieben, die zum Teil zeitabhängig sind. Zum Beispiel steigt die Wahrscheinlichkeit, dass Einsatzkräfte nach Abschluss einer ersten Teilaufgabe pausieren mit der Gesamtdauer des Einsatzes an.

### 3.3 Konzept

Die generische Missionsstruktur mit den entsprechenden Bewegungsmustern bildet das Kernstück des hier vorgestellten Frameworks. Ziel ist es, generisch möglichst realitätsnahe Szenarien auch für große Schadenslagen zu erzeugen. Dafür ist entsprechendes Expertenwissen notwendig, um den Ablauf und die notwendigen Aktionen nachbilden zu können. Dieses Wissen fließt in die Beschreibung und Modellierung der Bewegungsmuster mit ein, wird aber auch für die Konfiguration des gesamten Einsatzes benötigt. Abbildung 2 zeigt die Architektur des Frameworks.

Momentan werden die Bewegungsmuster aus [KSS<sup>+</sup>14] modular nach einem Baukastenprinzip bereitgestellt. Weitere Muster können integriert werden, um weitere Einsatztypen zu unterstützen.

Neben den vordefinierten Bewegungsmustern, ist ein Konfigurationstool notwendig, das zunächst die oben beschriebene Erzeugung einzelner Einsätze für eine Gruppe von Ein-

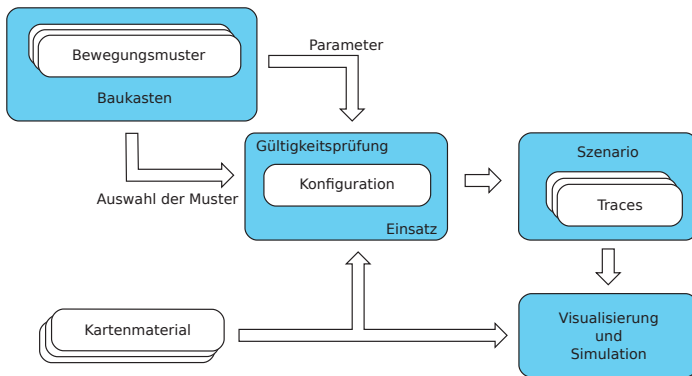


Abbildung 2: Architektur des Mobilitätsframeworks

satzkräften ermöglicht. Mehrere so konfigurierte Einsätze bilden dann ein Szenario, aus dem Traces erzeugt werden. Die Traces können anschließend in entsprechenden Simulationsumgebungen exportiert werden. Darüber hinaus können die Traces innerhalb der integrierten Simulationsumgebung visualisiert werden.

Um die Konfiguration zu erleichtern ist es möglich, verschiedene Einsätze als vordefinierte Konfigurationen abzuspeichern und später erneut zu verwenden. Außerdem werden Kartendaten im WellKnownText-Format (wkt) eingebunden, um die realistische Positionierung der Einsatzkräfte im entsprechenden Gebiet zu ermöglichen. Die Bereitstellung der Kartendaten erfolgt im wkt-Format, weil dies von ONE (Opportunistic Network Emulator) [KOK09], einer Simulationsumgebung für die Evaluation von verzögerungstoleranten Netzen, direkt unterstützt wird und somit eine Visualisierung der Traces und der Kartendaten in einer Umgebung gewährleistet ist. Die entsprechenden Karten können ergänzend zu Straßen oder Wegen auch Informationen zu Höhenlinien und Hindernissen enthalten. Diese Daten werden momentan statisch importiert, zukünftig ist eine Integration eines entsprechenden GIS Systems angedacht.

Damit die erzeugten Einsätze an die entsprechenden Anforderungen angepasst werden können, verfügt jedes Bewegungsmuster über mehrere Konfigurationsmöglichkeiten, die neben der Anzahl an Knoten und deren typischer Geschwindigkeit auch Zufallsaspekte und Ansätze zum Ausweichen von Hindernissen beinhalten. Details zur Realisierung der Bewegungsmuster sind in [KSS<sup>+</sup>14] beschrieben. Durch die Verwendung zufälliger Elemente wird auch deutlich, dass sich abhängig von den verwendeten Zufallsverteilungen unterschiedliche Situationen und damit auch unterschiedliche Varianten des gleichen Einsatzes erzeugen lassen.

## 4 Implementierung und Validierung

Das beschriebene Framework wurde in Java implementiert und so modular aufgebaut, dass weitere Bewegungsmuster einfach hinzugefügt werden können, wenn sie die entsprechenden Schnittstellen unterstützen und die Gültigkeitsparameter festgelegt werden.

Die Konfiguration erfolgt momentan rein textbasiert, weil diese sich an der von ONE vorgegebenen Struktur orientiert und somit eine Integration mit der Simulationsumgebung vereinfacht wird. Perspektivisch ist aber die Entwicklung einer graphischen Oberfläche vorgesehen. Zur Konfiguration gehört auch eine Plausibilitätsprüfung, die verhindern soll, dass eine inkompatible Abfolge einzelner Muster erzeugt wird. Dies betrifft insbesondere die Übergänge zwischen den einzelnen Phasen, in denen aus einer großen Gruppe mehrere kleinere Untergruppen werden. Außerdem werden die Parameter der einzelnen Muster auf ihre Gültigkeit geprüft.

Die Visualisierung der Szenarien erfolgt in ONE. Die notwendige Konfigurationsdatei für ONE wird automatisch, anhand des gewählten Szenarios und den daraus resultierenden Traces, erzeugt. Um gleichzeitig Kartendaten und die erzeugten Traces, die im gleichen Koordinatensystem vorliegen, in einer Simulation zu verwenden, musste ONE zunächst um ein entsprechendes Modul erweitert werden. Dieses neue Modul, *ExternalMapBased-Movement*, erlaubt die erforderliche Transformation der Trace-Koordinaten, die in ONE für Kartendaten standardmäßig durchgeführt wird. Ohne dieses Modul werden die Traces zwar korrekt eingelesen, die Visualisierung erfolgt aber nicht an der ursprünglichen Position auf der Karte, weil ONE für kartenbasierte Mobilitätsmodelle den Koordinatenursprung an eine andere Position legt und Traces standardmäßig nicht entsprechend anpasst.

Das Framework wurde evaluiert, indem ein fiktiver Einsatz zur Vermisstensuche in einem Waldgebiet nachgebildet wurde. Das Szenario wurde in Zusammenarbeit mit einer Rettungshundestaffel entwickelt. Abbildung 3 zeigt die Aufteilung des gesamten Einsatzgebietes in die entsprechenden Suchabschnitte (rot), den zentralen Sammelplatz (gelb) und die Position der gesuchten Person (grüner Punkt in Suchabschnitt 22).

Nach der Generierung der Traces mit Hilfe des Frameworks wurde dieses Szenario in ONE visualisiert. Abbildung 4 zeigt einen Screenshot mit einem Ausschnitt des Beispielszenarios. Die einzelnen Knoten stellen die Rettungskräfte mit ihren Rettungshunden sowie die entsprechenden Einsatzfahrzeuge dar.

Die Kreise um die Knoten symbolisieren jeweils die Kommunikationsreichweite der Knoten, die in diesem Beispiel auf 150 m für Einsatzkräfte und 1000 m für Kommunikationssysteme in Fahrzeugen angenommen wurden. Nur Knoten, die miteinander verbunden (schwarze Linien) sind, können direkt kommunizieren. Dieser Screenshot zeigt, dass die Kommunikation zur Einsatzleitung am Sammelplatz irgendwann unterbrochen wird, wenn keine zusätzlichen Knoten mitentsprechender Reichweite eingesetzt werden. An dieser Stelle wird deutlich, wie das Framework zur Evaluierung verschiedener Kommunikationsaspekte verwendet werden kann. Auf Basis der vorliegenden Szenarien lassen sich anschließend verschiedene Protokolle sowie andere Lösungsansätze wie z.B. die Verwendung zusätzlicher mobiler Konten oder Geräten mit größerer Reichweite evaluieren.

Aber auch für die Bewertung bzw. Planung eines solchen Einsatzes sind diese Schluss-



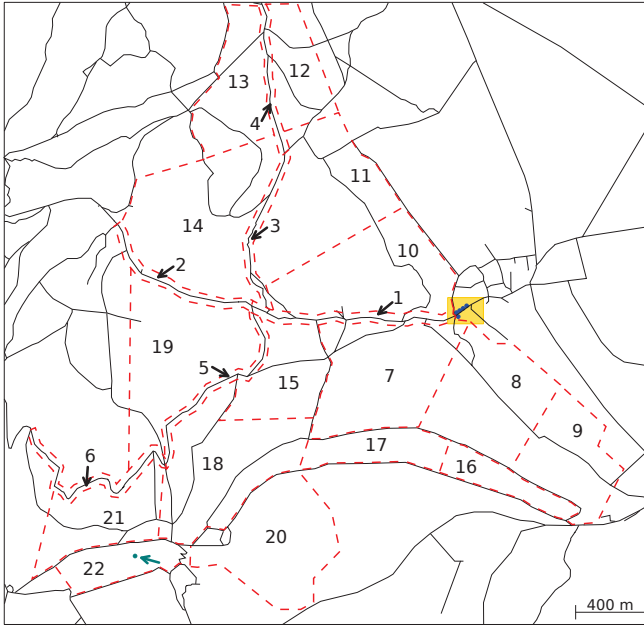


Abbildung 3: Beispielszenario Vermisstensuche in Waldgebiet [KSS<sup>+</sup>14]

folgerungen wichtig, denn die Simulation kann zeigen, warum die Kommunikation an einem bestimmten Punkt abgebrochen ist und Hinweise geben, wann ein zusätzlicher Knoten erforderlich ist, der von vorhandenen Rettungskräften entsprechend positioniert werden muss, um die Kommunikation aufrecht zu erhalten. Außerdem ermöglicht die Simulation eine Abschätzung der Einsatzdauer, wenn unterschiedlich viele Einsatzkräfte zur Verfügung stehen.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurde ein Framework vorgestellt, das es ermöglicht, generische Traces für Einsatzszenarien zu erzeugen und an einem Beispielszenario gezeigt, wie diese Daten in einer Simulationsumgebung visualisiert werden können. Die Entwicklung des Frameworks erfolgte vor dem Hintergrund, entsprechende Daten für die Analyse und Entwicklung neuer Kommunikationsprotokolle und -systeme zu verwenden. Die so erzeugten Daten bieten jedoch interessante Ansätze, um mögliche Schadenslagen und benötigte bzw. verfügbare Einsatzkräfte zu evaluieren und haben deshalb über die Kommunikationsforschung hinaus eine Bedeutung.

Der aktuelle Stand des Frameworks ermöglicht es, bei entsprechendem Fachwissen realis-



Abbildung 4: Screenshot des Beispielszenarios in Simulationsumgebung ONE

tische Szenarien zu erzeugen und zu visualisieren. Aufgrund der noch fehlenden graphischen Oberfläche ist die Konfiguration der einzelnen Abläufe jedoch relativ kompliziert. Deshalb soll zukünftig eine geeignete Oberfläche entworfen werden.

Momentan können nur zweidimensionale Szenarien erzeugt werden. Durch die schon vorhandene Integration entsprechender Kartendaten, wäre eine Erweiterung um dreidimensionale Daten ebenfalls möglich. Die benötigten Informationen zum Geländeprofil könnten dann zusätzlich bei der Erzeugung der Bewegungen berücksichtigt werden und so die Realitätsnähe der Simulation weiter erhöhen. In diesem Zusammenhang ist auch die Anbindung an ein Geoinformationssystem denkbar. Insbesondere GRASS GIS [NBLM12] mit seinen Funktionen zur Simulation von Waldbränden und Hochwasserereignissen wäre dafür interessant.

## Danksagung

Die Autoren danken Herrn Torsten Kiesewetter von der Freiwilligen Feuerwehr Wipfratal im Ortsteil Branchewinda sowie Herrn Hendrik Stolz von der Facheinheit Rettungshunde Ortungstechnik für die Unterstützung bei der Entwicklung der vorgestellten Szenarien und die kritische Betrachtung des vorgestellten Frameworks.

## Literatur

[AGPG<sup>+</sup>07] N. Aschenbruck, E. Gerhards-Padilla, M. Gerharz, M. Frank und P. Martini. Modelling Mobility in Disaster Area Scenarios. In *10th ACM-IEEE International Symposium on*

*Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems (MSWIM)*, Seiten 4–12, Oct. 2007.

- [CBD02] T. Camp, J. Boleng und V. Davies. A Survey of Mobility Models for Ad Hoc Network Research. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2(5):483–502, Sep. 2002.
- [CST<sup>+</sup>13] D. Cohen, N. Sevdalis, D. Taylor, K. Kerr, M. Heys, K. Willett, N. Batrick und A. Darzi. Emergency preparedness in the 21st century: Training and preparation modules in virtual environments. *Resuscitation*, 84(1):78–84, 2013.
- [Fac] Fachgebiet Technische Informatik, Universität Kassel. KATIE - Katastrophen, Avatare, Technische Simulationen – in virtuellen Environments.
- [Fin04] M. A. Finney. FARSITE, Fire Area Simulator–Model Development and Evaluation. Bericht, United States Department of Agriculture Forest Service Rocky Mountain Research Station, 2004.
- [KOK09] A. Keränen, J. Ott und T. Kärkkäinen. The ONE Simulator for DTN Protocol Evaluation. In *2nd International Conference on Simulation Tools and Techniques (Simutools)*, Mar. 2009. Article 55.
- [KSS<sup>+</sup>14] S. Krug, M. F. Siracusa, S. Schellenberg, P. Begerow, J. Seitz, T. Finke und J. Schröder. Movement Patterns for Mobile Networks in Disaster Scenarios. In *8th IEEE WoW-MoM Workshop on Autonomic and Opportunistic Communications (AOC 2014)*, Sydney, Australia, June 2014.
- [MSZ<sup>+</sup>12] A. Moreno, A. Segura, S. Zlatanova, J. Posada und A. García-Alonso. Introducing GIS-based simulation tools to support rapid response in wildland fire fighting. In C. Brebbia und G. Perona, Hrsg., *Modelling, Monitoring and Management of Forest Fires III*, Jgg. 158 of *Wit Transactions on Ecology and the Environment*, Seiten 163–174. WIT Press, 2012.
- [NBLM12] M. Neteler, M. H. Bowman, M. Landa und M. Metz. GRASS GIS: A multi-purpose open source GIS. *Environmental Modelling & Software*, 31:124–130, 2012.
- [NHIK07] S. C. Nelson, A. F. Harris III und R. Kravets. Event-driven, Role-based Mobility in Disaster Recovery Networks. In *2nd ACM Workshop on Challenged Networks (CHANTS)*, Seiten 27–34, Sep. 2007.
- [UNAK09] M. Y. S Uddin, D. M. Nicol, T. F. Abdelzaher und R. Kravets. A Post-Disaster Mobility Model for Delay Tolerant Networking. In *Winter Simulation Conference (WSC)*, Seiten 2785–2796, Dec. 2009.