

Mobile IT-Applikation, vernetzte Sensoren und Kommunikationskonzepte zum Schutz der Einsatzkräfte bei der Feuerwehr

Andreas Lewandowski¹, Armand Schulz², Christian. Wietfeld¹, Rainer. Koch²

Technische Universität Dortmund
Communication Networks Institute (CNI)
Otto Hahn Straße 6
44227 Dortmund

Andreas.Lewandowski@tu-dortmund.de
Christian.Wietfeld@tu-dortmund.de

Universität Paderborn
Computeranwendungen und Integration in
Konstruktion und Planung (CIK)
Pohlweg 47-49, 33098 Paderborn

A.Schulz@cik.uni-paderborn.de
R.Koch@cik.uni-paderborn.de

Abstract: Einsatzkräfte der Feuerwehr setzen sich großen äußeren Gefahren und extremer körperlicher Belastung aus. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse des Forschungsvorhabens Galileo4FireBrigades (G4FB) skizziert, in dem mit Hilfe von vernetzten Sensoren, den geeigneten Kommunikationskonzepten und anwendergerechten mobilen IT-Applikationen die potenziellen Gefahren in hohem Maß reduziert werden können. Personen- und einsatzmittelgebundene Sensoren erfassen Daten aus der Einsatzumgebung, welche mittels geeigneter Kommunikationskonzepte in die unterschiedlichen Führungsebenen gebracht werden und dort in anwendergerechten IT-Applikationen für die Überwachung und Entscheidungsfindung verarbeitet und visualisiert werden.

1 Gefahren für Einsatzkräfte in großflächigen Schadenslagen

Die Koordinierung der Einsatzkräfte in einer großflächigen Schadenslage stellt hohe Anforderungen an die Einsatzleitung und die nachfolgenden Führungsebenen. Mangelnde Informationen über die Position, die Umgebung sowie den Zustand der Einsatzkräfte und Einsatzmittel kann zu gefährlichen und lebensbedrohlichen Situationen führen. Eine Überwachung wesentlicher Parameter im Einsatz und die Bereitstellung der resultierenden Daten über stabile Kommunikationswege in die zuständige Führungsebene, kann die Einsatzkräfte in hohem Maß schützen.

Insbesondere in unübersichtlichen und weitläufigen Einsatzgebieten besteht ein hohes Gefährdungspotenzial, welches durch den in diesem Beitrag beschriebenen Ansatz reduziert werden kann. Daher wurde für die Erforschung der Ergebnisse das Szenario Waldbrand ausgewählt, welches weiterhin hohe Anforderungen an die Kommunikationsinfrastruktur und die Identifizierung der Parameter aus stellt, aus denen entscheidungsrelevante Informationen für die Führungsebenen der Feuerwehr aggregiert werden können.

1.1 Waldbrand, eine Schadenslage mit großen Gefahren für Einsatzkräfte

Zur Bekämpfung eines Waldbrandes wird eine hohe Anzahl von Einsatzkräften in einem großen Gebiet eingesetzt. Die Koordinierung der Einsatzkräfte und Einsatzmittel erfordert eine große Führungsstruktur. Dieses komplexe Umfeld stellt hohe Anforderungen an die Kommunikation und die Informationsverarbeitung durch die Führungsebenen dar. Die in diesem Beitrag beschriebenen Ansätze zur Vernetzung von Sensoren, den geeigneten Kommunikationskonzepten und einsatzgerechten mobilen IT-Applikationen sollen die Informationsgrundlagen zur Entscheidungsfindung und Maßnahmenergreifung in den Führungsebenen verbessern.

Abbildung 1 zeigt schematisch das betrachtete Waldbrandszenario, auf Basis dessen die Kommunikationspfade im Einsatz untersucht wurden und die Parameter identifiziert wurden auf Basis derer entscheidungsrelevante Informationen für die Führungsebenen abgeleitet werden können.

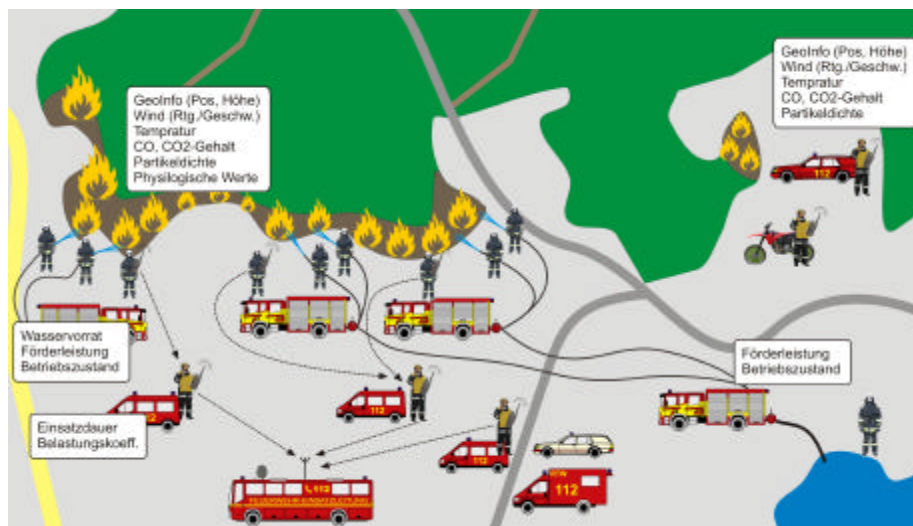


Abbildung 1: Schema des betrachteten Szenarios Waldbrand

Bei der Brandbekämpfung sind die Einsatzkräfte unmittelbaren und mittelbaren Gefahren ausgesetzt. Unmittelbare Gefahren resultieren aus dem direkten Umfeld der Einsatzkräfte (z. B. Einwirkung durch Feuer oder Gase), mittelbare Gefahren entstehen beispielsweise durch das versagen von Einsatzmitteln.

Unmittelbare Gefahren für Einsatzkräfte

Die unmittelbaren Gefahren können mit Kenntnis spezifischer Umgebungsparameter reduziert werden. Im Szenario Waldbrand kann durch die Datenerhebung der nachfolgenden Parameter eine Informationsbasis geschaffen werden, die es der Einsatzleitung erlaubt, eine vergleichsweise sichere Einsatzumgebung für die alle Einsatzkräfte zu schaffen:

- Windrichtung- und Geschwindigkeit

- Unmittelbare Umgebungstemperatur
- CO- und CO₂-Konzentration
- Partikeldichte (Ruß und Feinstäube)

Durch Kenntnis der Windrichtung und –geschwindigkeit in Verbindung mit den Geo-Informationen kann im Lagebild kontrolliert und prognostiziert werden, wie sich der Waldbrand entwickeln kann. Dies ist insbesondere zum Schutz der Einsatzkräfte wichtig, um diese nicht an Einsatzorte zu entsenden, in denen Sie potenziell durch umgebendes Feuer eingekesselt werden. Die Einsatzkleidung der Feuerwehr schützt die Einsatzkräfte über einen definierten Zeitraum, bei Erreichen der Grenzwerte wird die die aufgenommene Wärme sehr schnell an den Körper abgegeben, was zu gefährlichen Situationen führen kann. Um die Einsatzkräfte hiergegen wirksam zu schützen, soll die Umgebungstemperatur bei der Einsatzkraft und die der Wärmestrahlung ausgesetzten Zeit zum Gruppenführer übermittel werden. Bei Temperaturen, bei denen die Einsatzkleidung keinen Schutz mehr bietet, kann dieser den Rückzug befehlen und die Einsatzkräfte so schützen. Auf Basis der Gasmessungen und der Partikeldichte kann der Zeitraum prognostiziert werden, über den der Atemschutz wirksam ist.

Ein weiterer Aspekt zum unmittelbaren Schutz der Einsatzkräfte im Waldbrandszenario ist der Schutz vor körperlicher Überlastung. Um diese auszuschließen ist es hilfreich, physiologische Werte der Einsatzkräfte im Einsatz zu kontrollieren. Die eindeutige Bestimmung des physiologischen Zustands von Einsatzkräften auf Basis messbarer Größen befindet sich noch in der Forschung. Auf Basis der Herzfrequenz und der Körpertemperatur können näherungsweise über die aktuelle körperliche Belastung einer Einsatzkraft getroffen werden. Eine entsprechende Visualisierung dieser Werte bietet der zuständigen Führungsebene die Möglichkeit die Einsatzkräfte gezielt aus dem Einsatz zu nehmen, um gesundheitliche Schäden zu verhindern.

Mittelbare Gefahren für Einsatzkräfte

Für den mittelbaren Schutz der Einsatzkräfte ist die Funktionsfähigkeit der Fahrzeuge und Ausrüstung sowie die Löschwasserversorgung wichtig. Eine zusammenbrechende Löschwasserversorgung gefährdet die Einsatzkräfte, der aktive Schutz vor den Flammen ist kaum möglich.

Für die Sicherstellung der Funktionsfähigkeit der Fahrzeuge und Ausrüstung sind folgende Werte bereitzustellen und zu kontrollieren:

- Geo-Informationen (Position und Höhe)
- Vorrat/Reserve Löschwasser und Betriebsmittel
- Förderleistung

Die Löschwasserversorgung bei einem Waldbrand erfolgt meist mittels der "Wasserversorgung über lange Wegstrecken". Das Wasser wird aus einem entfernt gelegenen Wasserreservoir (z. B. Flusslauf, See) mittels Schlauchleitungen an die Einsatzstelle gepumpt. Für die Planung dieser Wasserversorgung sind die Geo-Informationen Position und Höhe von tragender Bedeutung, da auf Basis dieser Daten der durch die zurückgelegte Strecke und die Höhendifferenz entstehende Druckverlust berechnet werden kann.

So können die zur Bereitstellung der notwendigen Förderleistung erforderlichen Pumpen bestimmt werden. Die Überwachung der Förderpumpen während des Einsatzes (Förderleistung, Betriebsmittel) über geeignete Sensoren stellt ein weiteres Sicherheitsmerkmal dar.

1.2 Personen- und Einsatzmittelgebundene Datenerfassung

Um die in Abschnitt 1 identifizierten Daten im Einsatz zu erheben werden Einsatztrupps, Erkunder sowie Fahrzeuge und Ausrüstung mit Sensoren bestückt. Eine Einsatzkraft kann mit mehreren, wechselnden Sensoren ausgerüstet sein. Für die Bereitstellung der Daten müssen die Sensoren über Kommunikationskonzepte vernetzt sein, die ein flexibles Zufügen weiterer Sensoren, auch im Einsatz möglich macht.

2 Führung und Kommunikation im Feuerwehreinsatz

Die Einsatzleitung kann ihre Aufgaben nur optimal erfüllen, wenn sie mit den notwendigen Informationen aus den anderen Führungsebenen versorgt wird. Zum Verständnis der Führung und Kommunikation im Einsatz der Feuerwehr werden im Folgenden die Führungsstruktur und die eingesetzten Kommunikationsmittel beschrieben.

2.1 Führung und Einsatz

Das in diesem Beitrag betrachtete Waldbrandszenario ist eine weiträumige und länger andauernde Schadenslage. In einer Großschadenslage, wie dem Waldbrand, werden die operativ-taktischen Maßnahmen vor Ort von der Technischen Einsatzleitung (TEL) durchgeführt. Die TEL koordiniert die technisch-taktischen Maßnahmen, besonders in Bezug auf folgende Aufgaben:

- Bilden von Einsatzschwerpunkten
- Bilden von Einsatzabschnitten (Ordnung des Raumes)
- Bereitstellen und Ablösen von Einsatzkräften
- Planen der Maßnahmen
- Aufbau und Betrieb der Kommunikationsstruktur.

Die von der TEL angeordneten technisch-taktischen Einsatzaufträge werden von den Führungskräften der nachgeordneten Führungsebenen durchgeführt.

Die Befehls- und Meldekette ist hierarchisch aufgebaut: Der Abschnittsleiter bzw. Verbandsführer leitet den Einsatz seines Einsatzabschnittes. Seine Befehle erteilt er den Führern der ihm unterstellten taktischen Einheiten. Dem Abschnittsleiter sind Züge unterstellt, dem Zugführer wiederum sind die taktischen Einheiten Staffel, Gruppe oder Trupp unterstellt.

Bei einer hohen Anzahl beteiligter Einsatzkräfte, wie dies beim Waldbrand der Fall ist, herrscht in einem Feuerwehreinsatz ein hohes Kommunikationsaufkommen, aus dem heraus sehr viele Informationen resultieren aufgrund derer die Entscheidungen in den Führungsebenen getroffen werden müssen. Hieraus wird deutlich, dass vollständige Informationen, stabile Kommunikation und geeignete Visualisierung von Informationen einen entscheidenden Beitrag zur Erfüllung der Aufgaben der Einsatzleitung und damit zur Schadensbekämpfung haben.

2.2 Kommunikationsmittel im Feuerwehreinsatz

Für die in Abschnitt 1 skizzierten Möglichkeiten zum Schutz der Einsatzkräfte ist eine breitbandige und stabile Datenkommunikation an der Einsatzstelle notwendig. Die heutigen Kommunikationsmöglichkeiten der Feuerwehr an der Einsatzstelle bieten diese Eigenschaften selten. Für die Kommunikation an der Einsatzstelle stehen der Feuerwehr im Allgemeinen die folgenden Möglichkeiten zur Verfügung:

Funkverkehr im 4m-Band: Auf dem 4 m-Band wird der Funkverkehr zwischen Feststationen z.B. der Leitstelle und Feuerwachen und Einsatzstellen bzw. Einsatzfahrzeugen abgewickelt.

Funkverkehr im 2m-Band: Im 2m-Band erfolgt während der Anfahrt die Fahrzeugkommunikation z.B. im Zugverband und an Einsatzstellen die Kommunikation zwischen Einsatz- bzw. Führungskräften.

Funkmeldesystem (FMS): Aufgabe des FMS ist es den Funkverkehr von häufigen Routinemeldungen durch schnelle Übertragung von zehn festgelegten Fahrzeugzuständen (z. B. "am Einsatzort eingetroffen", "nicht einsatzbereit") zu entlasten.

Mobilfunk: Den Feuerwehren steht häufig auch Mobilfunk zur Verfügung, z.B. in Einsatzleitfahrzeugen. Der Mobilfunk wird für das Telefonieren, das Versenden von Faxmitteilungen und zur Datenübertragung genutzt.

Richtfunk: Vereinzelt verfügen Feuerwehren über Richtfunk. Der Richtfunk ermöglicht einen umfangreichen und schnellen Datenaustausch über gerichtete Funkstrecken im Feuerwehreinsatz. Der Datenaustausch kann zwischen mobilen (z.B. ELW mit geeignetem Computer) und stationären Stellen erfolgen.

2.3 Mobile IT-Systeme und –Anwendungen im Feuerwehreinsatz

Mobile IT-Systeme und elektronische Endgeräte, mit denen den Einsatzkräften kontextbezogene Lageinformationen angeboten werden können, sind bei der Feuerwehr immer noch selten im Einsatz. Zur Unterstützung der Lage vor Ort werden Mobiltelefone genutzt, jedoch kaum mobile Endgeräte zur visuellen Darstellung (z. B. PDA). Mobile Endgeräte wie Notebooks oder Tablet-PCs werden bei der Feuerwehr bislang vorwiegend zur schnelleren Erstellung der Einsatzberichte sowie das Suchen in Datenbanken (z. B. Gefahrstoffdatenbanken) eingesetzt.

3 Hochzuverlässige Kommunikationsinfrastrukturen für großflächige Einsatzszenarien

Der Bedarf an zusätzlichen Informationen und Daten bedingt eine stabile und breitbandige Datenkommunikation an der Einsatzstelle.

Der Grobentwurf der globalen Kommunikationsarchitektur ist in Abbildung 2 dargestellt. Die komplementäre Nutzung des Galileo *Search-and-Rescue* (SAR) Dienstes bei Netzausfällen auf der terrestrischen Ebene stellt einen Kernpunkt der Kommunikation dar. Sensoren zur Messung von Umweltparametern und Vitalfunktionen der Einsatzkräfte werden mit dem so genannten *Thin Mobile Client* (TMC) des Truppführers vernetzt. Dabei verfügt jeder Truppmann der Feuerwehr über Sensorik und eine Schnittstelle zur Satellitennavigation, die zum einen Positionsinformationen liefert und die Möglichkeit bietet, einen Notruf abzusenden. Die TMCs werden von den Truppführern eingesetzt und stellen die Konnektivität zu den Sensoren der Truppmänner und des Truppführers selbst sicher.

TMCs sind über WLAN oder GPRS mit dem *Fat Mobile Client* (FMC) verbunden. Dabei kommt eine gruppenorganisierte WLAN Vernetzung basierend auf dem PTX-Protokoll [1][2] zum Einsatz. Dieser FMC wird in den Einsatzleitwagen (ELW) der Feuerwehr eingesetzt und verarbeitet die Daten der TMCs. Ein FMC wird die Abdeckung des Einsatzgebietes mit einem lokalen drahtlosen Netzwerk sicherstellen, um eine dauerhafte wechselseitige Konnektivität mit den im Einsatz befindlichen TMCs zu erreichen. Die TMCs senden wichtige Sensordaten aus dem Einsatzgebiet gebunden an die Positionsinformationen über das Netzwerk. Diese positionsgebundene Übermittlung von Sensormessungen bietet den Einsatzleitungen die Möglichkeit zu einer Visualisierung mittels Kartendarstellung und damit eine deutlich bessere Erfassung des Lagebilds (siehe Kapitel 4). In Abbildung 2 ist ein vom Trupp verlorengegangener Truppmann dargestellt, der über keine Konnektivität zu den übrigen Truppverbänden verfügt.

Diese Truppmänner sind nicht mit Sprechfunkgeräten ausgestattet, denn die Kommunikation innerhalb des Trupps passiert ausschließlich über mündliche Kommunikation. Ein Notruf über den SAR Dienst muss an die zuständige Führungskraft gehen, damit diese schnellstmöglich reagieren kann.

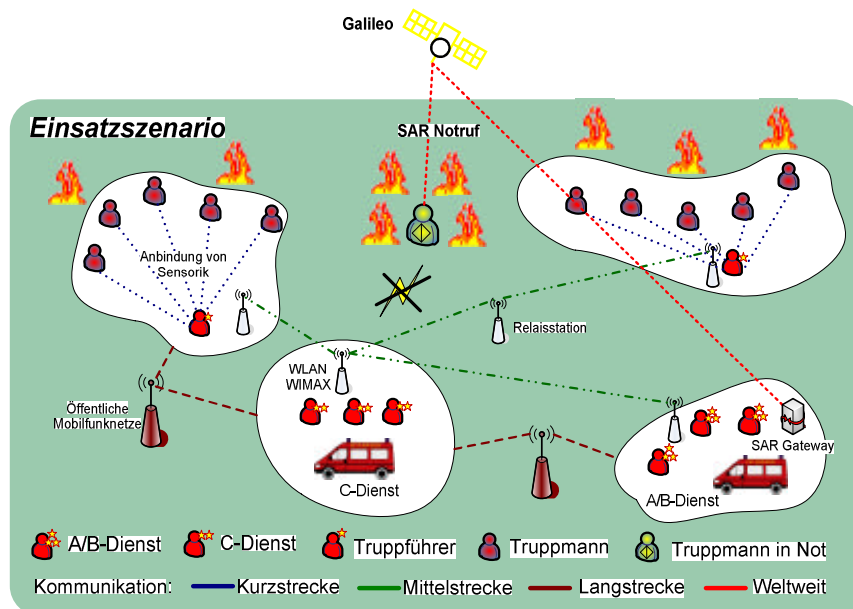


Abbildung 2: Globale Kommunikationsarchitektur in Abstimmung auf die Führungsstruktur der Feuerwehr

3.1 Vernetzte Sensorik zum Monitoring von Vital- und Umgebungsparametern

Die Anbindung der Vital- und Umgebungssensorik an das Kommunikationsnetz ist eine der zentralen Herausforderung in diesem Vorhaben. Es wird „Wireless Personal Area network“ (Wireless-PAN, siehe Abbildung 3) durch ein ZigBee Netzwerk in einer Stern-Topologie gebildet. Dabei sammelt der ZigBee Koordinator alle Sensorinformationen und leitet diese zum PDA des Truppführers weiter. Es wurden Sensoren zur Messung von *Position*, *Gas*, *Temperatur* und *Puls* hinsichtlich der Schnittstelle angepasst, so dass die Messwerte in einem definierten Nachrichtenformat übertragen werden können.

Eine detailliertere Beschreibung der Kernfunktionalitäten der implementierten Lösung ist in Abbildung 3 dargestellt. Theoretisch kann ein Truppmann mehrere ZigBee-vernetzte Sensoren bei sich tragen. In einer weiteren administrativen Instanz müssen dann allerdings die IDs den Truppmännern zugeordnet werden. Der Truppführer PDA wurde außerdem mit einer Bluetooth- ZigBee Brücke erweitert, um die freie Handhabung der Verbindung zum PDA zu gewährleisten, da integrierte ZigBee Module zur Zeit noch nicht auf dem Markt für PDAs verfügbar sind.

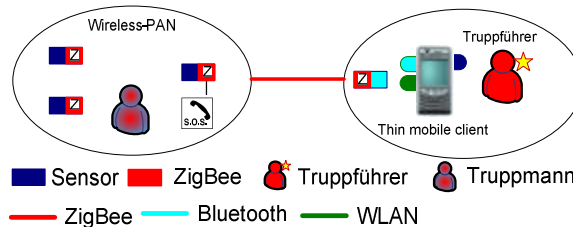


Abbildung 3: Darstellung der Funktionalität des Sensornetzwerkes

Die Einsatzkleidung der Feuerwehr besteht aus aluminisiertem Material, um besten Schutz gegen die Hitze zu bieten. Die Sensorik mit den ZigBee Funkmodulen wird in der Jacke der Feuerwehrleute installiert. Durch das Material wird das Signal in Übertragungsrichtung geschwächt.

3.2 Einfluss von Mobilitätsmustern und Funkfeldeigenschaften auf die Konnektivität

Das zentrale Einsatzszenario für G4FB ist ein Waldbrand. Die Ausdehnung des Waldgebietes ist nahezu geradlinig. Daher ist die Vernetzung an der Feuerfront des Waldes zu garantieren. In Abbildung 4 wird eine homogene Funkfeldverteilung gezeigt, die hauptsächlich von der Freifelddämpfung und Objekten des Szenarios geprägt ist. Die wechselseitige Konnektivität zwischen den Trupps ist in diesem Beispiel zunächst am Waldrand sichergestellt. Die Vernetzung innerhalb des Waldgebietes ist aber weiterhin eine Herausforderung.

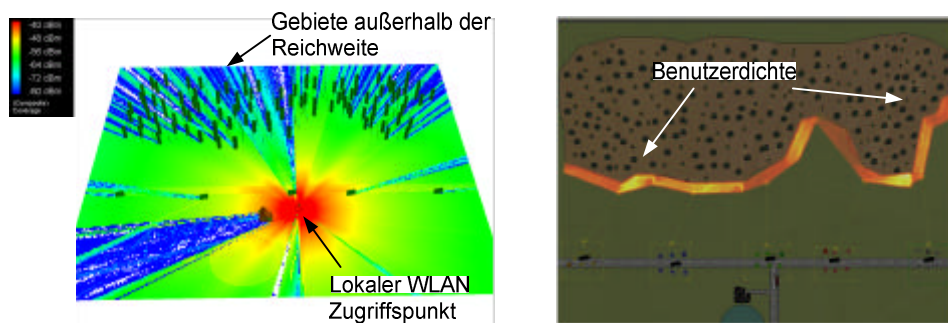


Abbildung 4: Exemplarische Funkfeldausbreitung und Benutzerdichte generiert aus den Bewegungspfaden in einem Waldbrandszenario

Die Einsatzkleidung der Feuerwehr besteht aus aluminisiertem Material, um besten Schutz gegen die Hitze zu bieten. Die Sensorik mit den ZigBee Funkmodulen wird in der Jacke der Feuerwehrleute installiert. Durch das Material wird das Signal in Übertragungsrichtung geschwächt. In Abbildung 5 sind die Ergebnisse der Messreihen zu der empfangenen Signalstärke (*Received Signal Strength Indicator*/RSSI) in Abhängigkeit der Distanz dargestellt. In der ersten Messung wurde der RSSI-Wert unabhängig von der Bekleidung über die Distanz ausgelesen. Das Empfangssignal wird bei zunehmender Entfernung durch die Freifeldämpfung schwächer. In der zweiten Messreihe wurde der ZigBee Transmitter in die Bekleidung verpackt. Wie in

Abbildung 5 zu sehen, wird das Signal durch das Material zusätzlich um bis zu 7dBm gedämpft.

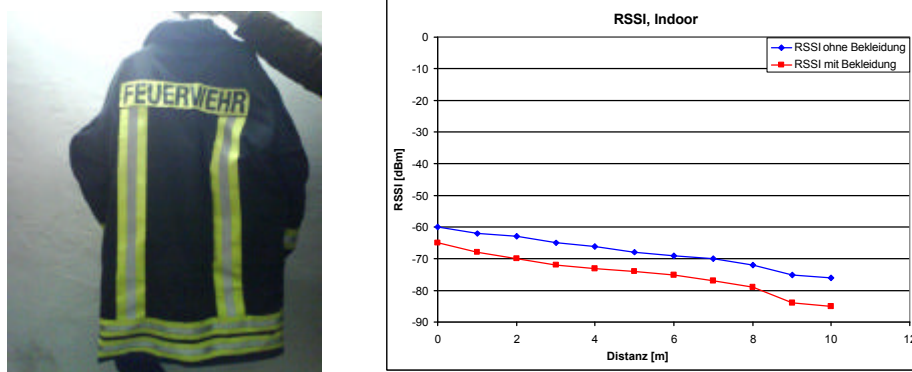


Abbildung 5: Feuerwehrjacke als Einsatzgebiet der Sensorik

3.3 Satellitennotruf im Falle von Abdeckungslücken der terrestrischen Netze

Notrufe an der Einsatzstelle werden im Regelfall über die an der Einsatzstelle vorhandenen Kommunikationseinrichtungen abgesetzt. Sollte die terrestrische Kommunikation an der Einsatzstelle kollabieren, soll der Notruf über das Galileo System abgesetzt werden.

Das Galileo System wird das humanitäre Cospas-Sarsat System für Satellitennotrufe durch die Ausstattung von Satelliten mit kompatiblen SAR Modulen unterstützen. Als Alleinstellungsmerkmal wird Galileo einen integrierten Rückkanal bereitstellen, um den in Not geratenen Personen eine - psychologisch gesehen – wertvolle Rückmeldung geben zu können.

Abbildung 6 zeigt die Funktionsweise von Galileo SAR. Der in Not geratene Truppmann kann einen Hilferuf absetzen. Dabei wird die Position über einen GNSS Empfänger ermittelt und im Hilferuf verpackt. Ein Galileo Satellit empfängt die Nachricht und leitet diese nach einer Frequenzumwandlung zu den Bodenstationen weiter. Diese Bodenstationen sind über ein Hochgeschwindigkeitsfestnetz mit dem Mission Control Center (MCC) und dem Rescue Control Center (RCC) verbunden. Beim Eintreffen der Nachricht wird von dort die Ankunft quittiert und Hilfe in die Notfallregion ausgesendet.

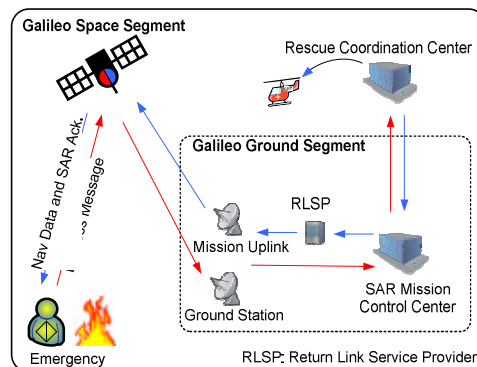


Abbildung 6: Funktionsweise von Galileo SAR [2]

Die Nachricht wird auf dem Rückkanal wiederum über den Galileo Satelliten gesendet. Dieser Vorgang wird durch den sog. Return Link Service Provider (RLSP) vorbereitet, indem die Nachricht in das Navigationssignal eingebettet wird. Der Notfallsender kann eine für ihn adressierte Nachricht entschlüsseln und weiß somit, dass Hilfe auf dem Weg ist. Detaillierte Untersuchungen zum Einsatz von Galileo/SAR in Rettungseinsätzen sind in [3][4] beschrieben.

4 IT-Unterstützung zur situationsgerechten Visualisierung überlebenswichtiger Sensordaten im Feuerwehreinsatz

Im Feuerwehreinsatz können unter der Voraussetzung einer stabilen Datenkommunikation IT-Applikationen einen wesentlichen Beitrag zum Schutz der Einsatzkräfte leisten. Eine Kombination aus anwendergerechten Lösungen auf der Führungsebene der Trupp-/Gruppenführer und der technischen Einsatzleitung können den Führungskräften die hierzu notwendigen Informationen liefern.

4.1 Mobile-IT-Applikation für die Führungsebene Trupp-/Gruppenführer

Mobile Endgeräte bieten die Möglichkeit, auch auf der Ebene der Trupp-/Gruppenführer umfeldbezogene Lageinformationen für die Entscheidungsfindung anzubieten. Die Einsatzkräfte werden mit weiteren Informationen versorgt, was zunächst wie eine zusätzlich Belastung wirkt. Die Situation wird jedoch dadurch entschärft, dass auf der anderen Seite der Sprechfunk reduziert wird.

Gemeinsam mit der Feuerwehr ist eine PDA-Applikation entstanden, die eine geeignete Lösung darstellt, um die notwendigen Informationen für den Einsatz anwendungsgerecht anzubieten. Als Zielsystem der Applikation wurde der PDA ausgewählt, da dieser auf der Führungsebene des Trupp- oder Gruppenführers das geeignete Einsatzmittel darstellt.



Die Trupp-/Gruppenführer haben die direkte Verantwortung für die Truppmänner. Aus diesem Grund wurden bei der Implementierung verstärkt die Visualisierungen der physiologischen Daten der Einsatzkräfte berücksichtigt. Aber auch die in der direkten Umgebung der Einsatzkräfte herrschenden Umweltbedingungen, wie beispielsweise der CO₂-Gehalt (Gaskonzentration) sind wesentliche Informationen für den Eigenschutz und die Gesamtlage.

In der PDA-Applikation werden die Sensordaten für die Körpertemperatur, die Herzfrequenz, die Gaskonzentration und Geo-Position der Einsatzkraft situationsgerecht visualisiert. Die geografische Zuordnung der Informationen ist für die Entscheidungsfindung im Feuerwehreinsatz ein wesentliches Kriterium. Trotz des eingeschränkten Oberflächen wurde daher eine geografische Lagekarte integriert.

Im Katastrophen- und Zivilschutz werden viele Informationen über Symbole und taktische Zeichen komprimiert und eindeutig dargestellt. Dieser Sachverhalt findet sich in der grafischen Benutzungsschnittstelle wieder. Die Einsatzkräfte werden über das entsprechende taktische Zeichen, die rote Raute dargestellt. Die Sensordaten werden über nicht normierte aber intuitive Symbole repräsentiert. Die Herzfrequenz wird über ein vereinfachtes Herzsymbol dargestellt, die Gaskonzentration über eine Wolke und die Körpertemperatur über die Gradzahl. Die eigene Position des Anwenders, hier der Trupp-/Gruppenführer, wird durch einen blauen Kreisring dargestellt.

Die Anwendung der Symbole in Kombination mit dem Konzept der Ampelfarben ermöglicht dem Trupp-/Gruppenführer eine schnelle und intuitive Einschätzung der Lage der ihm unterstellten Truppmänner bzw. Trupps. Der Führungskraft werden die Informationen verdichtet, mit einem Blick erkennbar dargestellt.

In der Lagekarte kann auch hier in Kombination mit dem Ampelkonzept unmittelbar erkannt werden, wie die Situation der einzelnen Einsatzkraft oder des Trupps ist. Verschlechtert sich der Status, wird dies durch den Farbwechsel von grün über gelb zu rot visualisiert. Der Trupp-/Gruppenführer kann in der gleichen Ansicht die kritischen Werte feststellen. Über die Symbolik kann konkret bestimmt werden welche Werte (z. B. Umgebungsbedingungen, Herzfrequenz) erhöhte Aufmerksamkeit oder akuten Handlungsbedarf erfordern.

Für die Entscheidungsfindung notwendige Detailinformationen können durch Berühren des repräsentierenden Symbols abgerufen werden. In Abbildung 7 ist der Entwurf zur Ansicht der Detailinformationen dargestellt. Hierbei wurde gemäß der Anforderungen davon ausgegangen, dass es wichtig sei, die Detailinformationen des kritischen Wertes zu erhalten, die Sicht auf die anderen Einsatzkräfte jedoch nicht zu verlieren. In Gesprächen mit der Feuerwehr hat sich jedoch gezeigt, dass es entscheidender ist, die anderen Detailinformationen der betroffenen Einsatzkraft im Blickfeld zu haben. Weiterhin schien die Darstellung des Verlaufes der Detailinformationen nicht geeignet. Unter Berücksichtigung dieser Rückmeldungen der Feuerwehr wurde die in Abbildung 8 dargestellte Benutzungsschnittstelle implementiert.



Abbildung 7: Entwurf



Abbildung 8: Implementierung

Entsprechend der Führungsstruktur der Feuerwehr hat der Truppführer die Verantwortung für seine 2-3 Truppmänner, während der Gruppenführer Verantwortung für 2-3 Trupps hat. Daher muss sich die Benutzungsschnittstelle für die Anwendung durch den Gruppenführer an die Anforderungen adaptiert werden. Für die Visualisierung der Sensordaten auf der Gruppenführer Ebene, werden die Sensordaten zusammengefasst. Der Gruppenführer hat die Verantwortung für mehrere Trupps. Demzufolge werden dem Gruppenführer die zusammengefassten Sensordaten eines Trupps angezeigt. Hierzu wird eine Extremwertbetrachtung für die einzelnen Truppmänner durchgeführt. In der Darstellung sind aber die Werte aller Truppmänner eines Trupps und alle Trupps ähnlich der Darstellung in Abbildung 8 visualisiert.

In Bezug auf die in der Applikation integrierte Lagekarte, mittels derer die aktuellen Positionen der Einsatzkräfte dargestellt werden, wurde gefordert, beliebiges Kartenmaterial hinterlegen zu können. Diese Forderung resultiert daher, dass für ein Einsatzgebiet notwendiges Kartenmaterial nicht zwingend existiert. Von daher arbeitet die Feuerwehr auch mit Luftbildern oder gar Lageskizzen. Aufgrund dieser Forderung kann in der Applikation ein beliebiges maßstäbliches Bitmap geladen werden. Für dieses Bitmap müssen beim erstmaligen Laden die Geo-Referenzen angegeben werden.

4.2 IT-Unterstützung für die technische Einsatzleitung

Das in Abschnitt 4.1 beschriebene Konzept zur Visualisierung kritischer Sensordaten wird für die IT-Applikation in der Einsatzleitung fortgeführt. Dadurch ist für den Einsatzleiter schnell erkennbar, welche Bereiche erhöhte Aufmerksamkeit erfordern, in welchem Bereich akuter Handlungsbedarf besteht oder eine kritische Situation entstanden ist.

- *Sensorwert in rot:* Der kritische Messwertbereich eines Sensors ist erreicht.
- *Sensorwert in gelb:* Der Sensorwert ist kurz vor dem Eintritt in den kritischen Bereich.
- *Sensorwert in grün:* Sensorwert im Normalbereich.

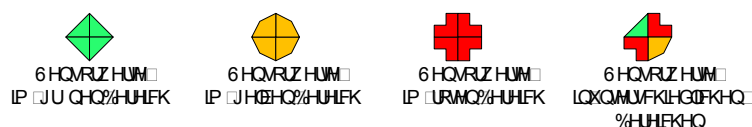


Abbildung 9: 4 Segment Anzeige für die Sensorwerte Puls, Gas, Temperatur und Position

Jede Farbe hat dabei auch eine eigene Form, wie in Abbildung 9 dargestellt. Dadurch ist auch bei nicht unterscheidbaren Farben gewährleistet, dass auch anhand der Formen erkennbar ist, in welchem Bereich die Sensorwerte liegen. In der Gesamtansicht (siehe Abbildung 10) wird neben dem Überblick der Einsatzlage auch die Möglichkeit der ortsbezogenen Warnmeldungen zur Verfügung gestellt.

Wenn eine Sensorwertüberschreitung auftritt, z.B. ein erhöhter Methanwert (CH_4), hat der Einsatzleiter die Möglichkeit, den zu evakuierenden Bereich mit einem Polygon zu definieren, um im Anschluss eine Warnmeldung an die betroffenen Einsatzkräfte auszusenden.

Um zusätzlich die Detailinformationen zu Messwerten der einzelnen Einsatzkräfte anzuzeigen, wird eine Detailansicht mit Sensorwertverläufen dargestellt.

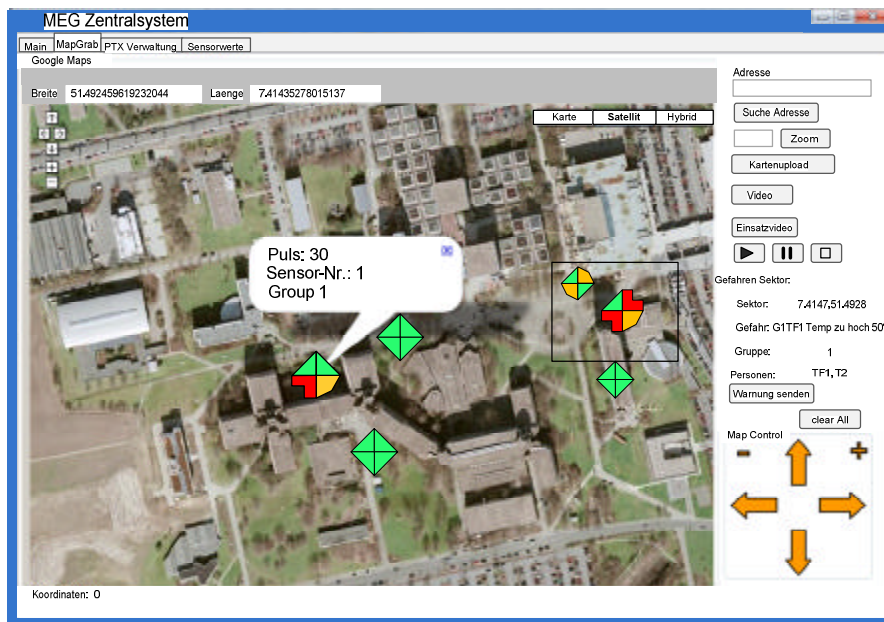


Abbildung 10: Geoinformationssystem zur Darstellung der Einsatzlage und zur ortsbezogenen Alarmierung der Einsatzkräfte

5 Fazit und Ausblick

Ergebnisse der Evaluierung des Gesamtsystems zeigen, dass von den Anwendern das Potenzial zum Schutz der Einsatzkräfte bestätigt wird. Hemmnisse bestehen zurzeit jedoch noch darin, dass die Erkenntnisse zur Beurteilung der menschlichen Konstitution aufgrund physiologischer Parameter im Feuerwehreinsatz noch nicht ausreichend praxisnah erforscht sind. In Bezug auf diese Fragestellung sind die notwendigen Sensoren am Markt noch nicht verfügbar. Unabhängig davon können die Kommunikationskonzepte und auch die IT-Applikationen die Verarbeitung anderer Sensordaten eingesetzt werden und dienen zur verbesserten Lagedarstellung.

Danksagung

*Diese Arbeit wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie unterstützt.
Projekt: Galileo4FireBrigades -- 50NA0724, Projektträger DLR - Raumfahrt Agentur*

Literaturverzeichnis

- [1] J. Seger, A. Wolff, C. Wietfeld, *Analysis of IP-based Real-time Multimedia Group Communication in heterogenous wireless Networks*, accepted for presentation at the *International Symposium on Wireless Communication Systems*, Valencia, Spain, September 2006.
- [2] C. Wietfeld, A. Wolff, *MobileEmerGIS: a wireless-enabled technology platform to efficiently support field forces in protecting critical infrastructure*, 2007 *IEEE Conference on Technologies for Homeland Security*, Woburn, USA, May 2007.
- [3] A. Lewandowski, B. Niehoefer, C. Wietfeld: *Performance Evaluation of Satellite-based Search and Rescue Services: Galileo vs. Cospas-Sarsat*, 68th *IEEE Vehicular Technology Conference*, Calgary, September 2008
- [4] A. Lewandowski, B. Niehoefer, C. Wietfeld: *Concept and Performance Evaluation of a Galileo-based Emergency Short Message Service*, accepted for 69th *IEEE Vehicular Technology Conference (VTC)*, Barcelona, April 2009
- [5] A. Lewandowski, R. Burda, S. Subik, C. Wietfeld: "A Multiscale Simulation Environment for Performance Evaluation of high reliable heterogeneous Communication Networks", *European Simulation and Modelling Conference (ESM)*, Le Havre, France, October 2008
- [6] Koch, R.; Harnasch, R.; Lee, B.-S.; Schulz, A. "SAFeR – Strategische und Ablaufunterstützende Einsatzinformationen für Feuerwehr und Rettungsdienst". vfdB-Jahresfachtagung, Baden-Baden Mai 2003, Fachsitzung 5, Tagungsband S. 305-316
- [7] Koch, R.; Harnasch, R.; Lee, B.-S. „Gezieltes Informationsmanagement zur Führungsunterstützung im Einsatz“, in *Brandschutz – Zeitschrift für das gesamte Feuerwehrewesen, für Rettungsdienst und Umweltschutz*, Ausgabe 2/2005, S. 88-93, Verlag W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart 2005
- [8] Koch, R., Löffler, J., Lee, B.-S., Harnasch, R., Köhler, J. „Datenfunkgestütztes multimodales Informationsmanagement für die Einsatzleitung bei Großschadensereignissen“, *Sicherheitskommunikation für mobile Hilfsorganisationen*, Alcatel SEL Stiftung für Kommunikationsforschung, Berlin .2005, Stiftungsreihe, ISSN 0932-156x
- [9] Koch, R.; Harnasch, R.; Lee, B.-S. „Mobilfunkgestützte Informationsbereitstellung zur Führungsunterstützung von Feuerwehr und Rettungsdienst“, *Hochschulkolleg E-Government*, Alcatel SEL Stiftung für Kommunikationsforschung, Berlin 2005, Stiftungsreihe 70, ISSN 0932-156x
- [10] Pottebaum, J., Konstantopoulos, S., Koch, R., Paliouras, G. "SaR resource management based on Description Logics" In (Hrsg. Löffler, J., Klann, M.): Tagungsband des "1st International Workshop on Mobile Information Technology for Emergency Response" (Mobile Response 2007). Volume 4458 of *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, Berlin/Heidelberg, Springer, 2007
- [11] Koch, R.; Harnasch, R.; Lee, B.-S.; Pottebaum, J. "Rapid and precise mobile data processing for fire brigades and rescue services (SAFeR/GÜTER/SHARE)". 12th *International Conference on Human-Computer Interaction (HCI 2007)*, 22. - 27. Juli 2007, Proceedings Volume 9, LNCS_4558, ISBN: 978-3-540-73353-9