

Messtechnologien im Einsatz: Anforderungen für die Verwendung neuer Sensorsysteme im Bevölkerungsschutz

Sensors for First Responders: Requirements for the Use of new Sensor Systems in Emergency Operations

Alexandra Braun, Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW), Bonn, Deutschland, alexandra.braun@thw.de

Lennart Landsberg, Institut für Rettungsingenieurwesen und Gefahrenabwehr (TH Köln), Köln, Deutschland, lennart_walter.landsberg@th-koeln.de

Prof. Dr.-Ing, Ompe Aimé Mudimu, Institut für Rettungsingenieurwesen und Gefahrenabwehr (TH Köln), Köln, Deutschland, ompe_aime.mudimu@th-koeln.de

Kurzfassung

Der Einsturz von Gebäuden erfolgt unerwartet und plötzlich. Infolgedessen werden häufig Menschen unter den Trümmern begraben. Es folgt eine komplizierte Suche durch Einsatzkräfte, die von Zeitdruck und Gefahr geprägt ist. Im Forschungsprojekt SORTIE wird ein modulares und UAV-basiertes technisches System entwickelt, das die Rettungskräfte bei der Suche unterstützen soll, indem es diese sicherer und schneller macht. Innerhalb des Projektes wird ein großer Wert auf die gezielte Entwicklung der Technologie gelegt, die später im Einsatz genutzt werden soll. Von Beginn an werden daher Einsatzkräfte wissenschaftlich in das Projekt einbezogen. Das Paper zeigt im Folgenden auf, wie die Anforderungen der Einsatzkräfte an die neue Technologie erarbeitet und in die Entwicklung einbezogen werden.

Abstract

The collapse of buildings is unexpected and sudden. As a result, people are often buried under the debris. This is followed by a complicated search by emergency personnel, which is characterised by time pressure and danger. In the SORTIE research project, a modular and UAV-based technical system is under development to support first responders in their search efforts by making it safer and faster. Within the project, great emphasis is placed on the end-user-close development of the technology that will later be used in the field. Therefore, from the very beginning, first responders are involved in the project. In the following, the paper shows how the requirements of the emergency services for the new technology formulated and included in the development of the device.

1 Einsturzereignisse und deren Bewältigung

Laut UN waren zwischen 2005 und 2014 rund 1,7 Milliarden Menschen von Naturkatastrophen betroffen [1]. Vor allem Erdbeben stellen ein sehr hohes Risiko für die Bevölkerung dar und diese geschehen oftmals in Regionen mit hoher Armutsrate und zum Teil hohen Bevölkerungsdichten. Es ist wahrscheinlich, dass in Zukunft noch mehr Menschen von Erdbeben betroffen sein werden, da die Bevölkerung und Verstädterung in den gefährdeten Gebieten zunehmen, gleichzeitig aber bauliche Gegenmaßnahmen nur im begrenzten Maße Berücksichtigung finden [2]. Alleine in den vergangenen 50 Jahren konnten 828 Erdbeben aufgezeichnet werden, die eine Intensität von größer sechs auf der Richter-Skala aufwiesen [3]. Unabhängig von deren Ursache - innerhalb Deutschlands sind es vor allem Gasexplosionen, die zu Gebäudeeinstürzen führen - stehen die Rettungsdienste dann vor der Herausforderung, in einer

unklaren und gefährlichen Situation und unter Zeitdruck, die Opfer lebend zu retten. Die Suche wird umso mehr dadurch erschwert, dass sich die Rettungskräfte nur äußerst bedacht und mit größter Vorsicht auf den Trümmerkegeln bewegen können, um ein weiteres Abrutschen und eine hohe Eigengefährdung zu vermeiden. Spezielle Such- und Rettungsteams (USAR) nutzen dafür verschiedene Hilfsmittel. Gängig sind die physische Suche mittels Hören, Rufen, Klopfen, die Suche mit Hunden sowie die Anwendung technischer Einsatzmittel wie beispielsweise Geophon, Bioradar oder Endoskopkamera. Letztere erfordern ein Betreten des Trümmerkegels. Darüber hinaus gibt es Einschränkungen, die alle Hilfsmittel betreffen: So ist die Leistung des Geophons und des Bioradars stark von der Beschaffenheit des Trümmerkegels abhängig. Umgebungslärm reduziert die Nutzbarkeit der akustischen Geräte [4]. Abhängig von den vorherrschenden Einsatzbedingungen haben Suchhunde nur eine Einsatzzeit von 15 bis 20 Minuten. Für die aktuellen Technologien und Konzepte

gibt es Standardeinsatzregeln, wie und wann diese eingesetzt werden sollen, um deren Nutzung an der entsprechenden Einsatzstelle effizient zu gestalten.

1.1 Neue Möglichkeiten durch technologischen Fortschritt

Mit Blick auf neue Technologien und den vermehrten Einsatz von unbemannten Luftfahrzeugen (UAV) ergeben sich viele Möglichkeiten, USAR-Einsätze schneller, effektiver, sicherer und effizienter zu gestalten. Das Forschungsprojekt Sensor-Systeme zur Lokalisierung von verschütteten Personen in eingestürzten Gebäuden (SORTIE: in Englisch Sensor Systems for Localization of Trapped Victims in Collapsed Infrastructure) zielt daher auf die Entwicklung eines modularen Sensorsystems ab. Deren Komponenten, ein Bioradar, ein Handy-Ortungsmodul, ein Gassensor mit großer Reichweite zur Lokalisierung von Leckagen in Gasversorgungs- und Versorgungsleitungen und optische Sensorik zur Trümmerfeldanalyse, werden an ein UAV angebracht [5]. Die Entwicklung eines solchen Systems deckt zwei wichtige Grundbedarfe der Rettungskräfte ab: Zum einen ermöglichen die unterschiedlichen Sensorsysteme der Plattform die Generierung von notwendigen Informationen für die Einsatzleitung. Dies ermöglicht die bessere Lokalisierung von Verschütteten durch das Kombinieren unterschiedlicher Informationsquellen. Zum anderen kann durch das UAV als Trägerplattform vermieden werden, dass sich Rettungskräfte für Ortungstätigkeiten auf den Trümmerkegel begeben müssen und sich somit gefährden. Um sicherzustellen, dass das neue System anhand der konkreten Bedürfnisse der Such- und Rettungsteams entwickelt wird, begleiten die Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW) und das Institut für Rettungswesen und Bevölkerungsschutz (IRG) als Endanwender und Forschungsinstitut dessen Entwicklung von Beginn an.

1.2 Anwender-Relevanz

Forschende und Techniker verfügen oftmals nicht über operatives Wissen, Kenntnisse zu Verfahren, Standards und Umständen, mit denen die Retter im Einsatz konfrontiert sind. Ein System, das ohne diese Kenntnisse entwickelt wird, wird aber möglicherweise den Anforderungen im Einsatz nicht gerecht. Spätere Anpassungen verursachen Kosten und verringern die Akzeptanz des Systems bei den Einsatzkräften. Innerhalb von SORTIE haben das THW und das IRG daher die Aufgabe, sicherzustellen, dass der einsatzrelevante Bedarf bei der Entwicklung der neuen Technologie berücksichtigt wird. Das THW verfügt als nationaler und internationaler Akteur im Bevölkerungsschutz über weitreichenden Kenntnissen und Erfahrungen zu USAR-Aufgaben. Das IRG weist die entsprechend wissenschaftlich untermauerte Expertise vor, um Vorgänge in Einsätzen und Übungen zu evaluieren und zu analysieren. Darüber hinaus haben ein Großteil der Mitarbeitenden des IRG operative Erfahrungen in unterschiedlichen Einheiten des Bevölkerungsschutzes.

2 Vorgehensweise und Methodik

Ein großer Teil der Anforderungen an das SORTIE-System sollte auf der Grundlage von realistischen und repräsentativen Einsatzszenarien entstehen. Zu Beginn wurde daher eine detaillierte Beschreibung dieser Szenarien im Einsatzbereich „Gebäudeeinsturz“ durchgeführt. Für die Szenarientwicklung wurden zunächst vergangene Ereignisse unabhängig von ihrer Ursache zusammengetragen, diskutiert und ausgewertet. Wichtige Quellen waren abgeschlossene Forschungsprojekte sowie die Datenbanken des THW. So konnten Informationen zur Einsturzsache, zur Gebäudenutzung und -art sowie zu Baumaterialien und Umweltbedingungen ermittelt werden. Darüber hinaus wurde eine Umfrage unter Einsatzkräften durchgeführt, die ebenfalls auf die gleichen Informationen abzielte und der Validierung diente. Ferner wurden die persönlichen Erfahrungen und Eindrücke von Einsatzkräften zu typischen Rahmenbedingungen, Einsatzmöglichkeiten und Vorgehensweisen, Problemen und Herausforderungen aber auch zu bekannten Fähigkeitslücken der technischen Ausrüstung erhoben. Die Diagramme 1 und 2 zeigen Beispiele zu den Ergebnissen der Untersuchungen auf den Datengrundlagen des THW.

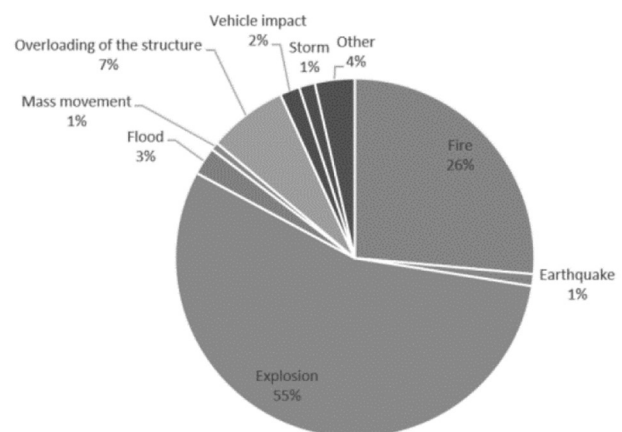


Diagramm 1: Ursachen für Einstürze in der Bundesrepublik Deutschland; n = 280

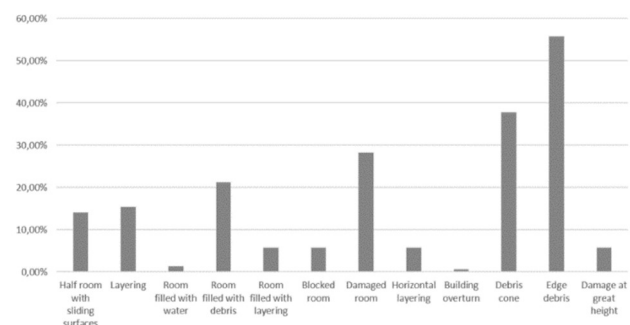


Diagramm 2: Verteilung der auftretenden Schadenelemente in Prozent; n = 156

In einem zweiten Schritt wurden in einem Workshop mit Einsatzkräften zwei unterschiedliche Szenarien entwickelt.

Eines dieser Szenarien sollte einen nationalen Einsatz (innerhalb Deutschlands) darstellen, das andere Szenario zielte auf einen Einsatz im Ausland ab. Große Unterschiede zwischen den Szenarien ergaben sich in der Größe des Ereignisses sowie in der vorhandenen Infrastruktur. Das nationale Szenario bestand aus einer „punktuellen“ Lage, welche sich auf die Schädigung eines Gebäudes beschränkte. Das internationale Szenario zeichnete eine Flächenlage ab, bei welcher eine Vielzahl von Gebäuden eingestürzt oder beschädigt waren und zudem die Infrastruktur Schaden genommen hatte.

Der dritte Schritt ermöglichte die eigentliche Definition der technischen Anforderungen an das System. Dazu wurden die Einsatzkräfte durch einen gezielten Kriterienkatalog auf der Grundlage der zuvor entwickelten Einsturzszszenarien befragt. Übergeordnete Fragestellungen waren: Unter welchen Bedingungen sollte SORTIE funktionieren? Gibt es Normen, Vorschriften, rechtliche Fragen, die das SORTIE-Sensorsystem betreffen? Gibt es Aspekte der Zuverlässigkeit, Konformität, Sicherheit, Robustheit, einfachen Handhabung, Eindeutigkeit, Wartung? Welche Informationen sollten vom Gesamtsystem und den Teilsystemen/Einzelkomponenten geliefert werden? Zusätzlich zu den Erhebungen wurden nationale und internationale Standards analysiert, um weitere Anforderungen an das System zu identifizieren oder die Anforderungen aus den zuvor genannten Erhebungen zu validieren. Die entsprechend herausgearbeiteten Anforderungen konnten somit als Pflichtenheft zusammengestellt und den einzelnen Fachpartnern im Projekt, d. h. den jeweilig Zuständigen für das Bioradar, die Handy-Ortung, den Gassensor sowie die Trümmerfeldanalyse zugeordnet werden. Darüber hinaus konsolidierten und diskutierten die Fachpartner die Ergebnisse in einer gemeinsamen Videokonferenz mit den Endanwendern.

3 Ergebnisse aus der Szenarienentwicklung und Anforderungsanalyse

Die Erfahrungen der Einsatzkräfte sowie die Analyse der vergangenen Ereignisse zeigten, dass Gasexplosionen im nationalen Kontext, also in Deutschland, und Erdbeben international die häufigsten Ursachen für Gebäudeeinstürze sind. Im direkten Vergleich der nationalen und internationalen Szenarien gibt es einige Besonderheiten: Gasexplosionen beinhalten oft eine punktuelle Situation mit einer geringen Anzahl von Opfern. Die betroffenen Häuser sind massiv aus Stahlbetonskelett und Mauerwerk gebaut, wobei die Decken oft aus Holz bestehen. Dadurch sind die Räume mit Trümmerschichten gefüllt. Ebenfalls gibt es auch halbe Räume mit Gleitflächen und Randtrümmern. Andererseits betrifft ein erdbebenbedingtes Szenario ein großes Gebiet mit vielen Opfern in mehrstöckigen Gebäuden aus Stahlbetonstrukturen. Typische Schäden sind dann die sogenannten Pancake-Layer, Pfannkuchenschichtungen, während Altbauten aus Ziegelmauerwerk häufig zu

Trümmerkegel führen. Für beide typischen Szenarien wurden auch die hypothetischen Hilfsprozesse beschrieben und einige wichtige Punkte ermittelt, die im Hinblick auf die Anforderungen und die mögliche Implementierung des SORTIE-Systems in USAR-Prozesse zu berücksichtigen sind.

Bei der Ausarbeitung der Anforderungen zeigte sich bei der näheren Betrachtung der typischen Szenarien, dass die Umstände eine Robustheit der Technologie erfordern, d. h. sie muss unter nahezu allen Wetterbedingungen, wie Wind und Regen, einsetzbar sein. Intuitive Bedienbarkeit, einfache Handhabung und geringer Schulungsaufwand sind ebenso bedeutsam wie zuverlässige und eindeutige gelieferte Daten bzw. Ergebnisse. Datenübertragung, Kommunikation, Kontrolle und Analysewerkzeuge müssen sicher, schnell und konsistent sein. Beispiele für einige der entwickelten Anforderungen sind: max. 5 Minuten Zeit für Inbetriebnahme, max. 5 Minuten Zeit für den Modulwechsel, mind. Flugzeit von 45 Minuten ohne Akkuwechsel, aber auch max. 30 Minuten Dauer der Datenerfassung für 625 m² und Visualisierung z. B. der Ortungsergebnisse als Ampel über das Graphical User Interface. Letztlich wurden so über 100 einzelne Aspekte aufgenommen. Die Anforderungen wurden sowohl für das Gesamtsystem als auch für die einzelnen Teilsysteme festgelegt. Die Anforderungen für die Teilsysteme wurden den relevanten Partnern im Projekt innerhalb eines Lastenheftes zugeordnet. Den jeweiligen Partnern ist es innerhalb des Projektes jederzeit möglich, Rücksprachen mit den Endanwendern zu halten, um möglichen Unklarheiten beim Design und Einsatz des Gerätes entgegenwirken zu können.

4 Operative und taktische Umsetzung sowie Evaluation des Systems

Die operative und taktische Umsetzung sowie Testung und Evaluierung der Technik liegt ebenfalls im Aufgabenbereich des THW und IRG. Mit der operativen und taktischen Umsetzung wird bereits während der Entwicklung der neuen Gerätschaft betrachtet, wie sich diese optimal in die bestehenden Einsatzabläufe integrieren lässt. Das beinhaltet beispielsweise die zeitliche Abfolge des Einsatzes der Sensoren – auch unter Betrachtung der bereits existierenden Technologien. Die Implementierung der neuen Technologie in die aktuellen Vorgehensweisen und Konzepte wurde unter enger Zusammenarbeit mit Einsatzkräften durchgeführt.

Eine Evaluation im Labormaßstab zur Überprüfung der operativen und taktischen Implementierung umfasste beispielsweise eine Planspielübung des IRG auf Basis der erarbeiteten Szenarien, der Gasexplosion im Inland und dem Erdbeben im Ausland am Beispiel der Türkei. Die Laborübung diente konkret dazu, die erstellten Vorschläge zur Implementierung des SORTIE-Systems in die bestehenden Prozesse zu Führung, Taktik und Tauglichkeit mit erfahrenen Einsatzkräften zu testen. Abbildung 1 zeigt ein Foto,

das während der Laborübung entstanden ist. An dem Diorama konnten die Einsatzkräfte theoretisch den Einsatz des neuen Systems durchspielen. Die Einsatzkräfte konnten während der Laborübungen auf künstlich erstellte Informationen des Systems zurückgreifen, die auf einem Interface-Entwurf dargestellt wurden. So beispielsweise auf die Ergebnisse der Handy- oder Bioradar-Ortung.



Abbildung 1: Einsatzkräfte proben den theoretischen Einsatz der neuen Technologie

Kontinuierliche stattfindende Feldtests begleiten die Arbeiten während der gesamten Projektlaufzeit. Hier erfolgt die Testung der einzelnen Sensorkomponenten und des Gesamtsystems aus technischen Gesichtspunkten unter Feldbedingungen auf einem THW-Übungsgelände. THW-Einsatzkräfte begleiten die Testung für die fortlaufende Einschätzung zum Mehrwert der SORTIE-Lösung. Dazu wurden im Vorfeld zusammen mit dem IRG sowohl konkrete Messaufbauten mit unterschiedlichen Materialien und verschiedenen Rahmenbedingungen als auch passende KPI (Key Performance Indicators) entwickelt, die für alle Testungen herangezogen werden können und den Vergleich der verschiedenen Entwicklungsstadien ermöglichen sollen. In diesem Kontext findet zudem ein intensiver Austausch zwischen Endanwender und Forschungspartner statt, der das jeweilige Verständnis für die neue Technologie einerseits sowie für die derzeit üblichen Verfahren und Ortungsmethoden andererseits fördert. Insgesamt sind in der geplanten dreijährigen Projektlaufzeit drei Feldtests angedacht, welche jeweils zwei Tage lang auf einem entsprechenden Versuchsgelände durchgeführt werden.

5 Fazit & Ausblick

Mit fortschreitender technischer Weiterentwicklung und Testung der Technik durch die Einsatzkräfte wird sich zeigen, wie vielversprechend der Ansatz des neuen Sensorsystems ist. Wenn die neue technische Lösung einen signifikanten Vorteil gegenüber den derzeitigen Technologien bietet, wie z. B. durch die Konsolidierung, Vereinfachung, Beschleunigung und Sicherung bestehender Prozesse, die Verbesserung der Informationserfassung, die Erhöhung der Zuverlässigkeit oder die Verringerung der benötigten

Ressourcen (Material und Personal), kann SORTIE eine denkbare Ergänzung zu bestehenden Geräten sein. Dann wird sich aus Endanwendersicht die Frage stellen, wie man die gewonnenen Erkenntnisse der verschiedenen Ansätze zusammenbringen und die Technik zur Marktreife entwickeln kann.

Damit die neue Technologie gegen Ende des Projektes ihren Mehrwert im Gesamtkontext eines Einsatzes demonstrieren kann, wird im letzten Drittel der Projektlaufzeit eine Abschlussdemonstration durchgeführt. Diese Abschlussdemonstration wird das Vorgehen der Einsatzkräfte bei einem Einsturzereignis unter Zuhilfenahme der SORTIE-Technologie zeigen. Gleichzeitig wird die Abschlussdemonstration dazu genutzt werden, den Einsatz des Systems im operativ-taktischen sowie technischen Kontext zu evaluieren.

6 Literatur

- [1] United Nations International Strategy Disaster Reduction. Infographic on Economic and Human Impacts of Disasters 2005-2014, 2015.
- [2] Federal Ministry of Economic Cooperation and Development. Katastrophenrisikomanagement. Ansatz und Beiträge der deutschen Entwicklungszusammenarbeit, 2015.
- [3] Université Catholique de Louvain. The International Disaster Database [online]. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. Database used: <https://public.emdat.be/>, Last verified: 1/2021 [Zugriff am: 2021]. Verfügbar unter: <https://www.emdat.be/>
- [4] Jöckel, U. und D. Döll. Schlussbericht. I-LOV - Intelligentes sicherndes Lokalisierungssystem für die Rettungs und Bergung von Verschütteten. Teilvorhaben: Ortungssonde, 2012.
- [5] Federal Ministry of Education and Research. Sensor-Systeme zur Lokalisierung von verschütteten Personen in eingestürzten Gebäuden (SORTIE), 2020.