1 Einleitung

Das Projekt I-LOV[1] befasst sich mit technischen rettungs- und bergungsunterstützenden Geräten bei Gebäudeschäden, bei denen Personen verschüttet werden können. Es setzt sich zum Ziel, Ansatzpunkte für eine Verbesserung der Sicherheit von Helfern und Opfern nach Gebäudeeinstürzen jeglicher Schädigungsart bei natürlichen oder anthropogenen Katastrophen und des Erfolges von Rettungsmaßnahmen zu liefern. Die effektive Ortung von Helfern und vor allem Opfern bildet dabei die Voraussetzung für effiziente Rettungsarbeiten mit geringer Gefährdung Verschütteter. Das Projektziel des Projektverbundes, bestehend aus THW[2] und Partnern aus Industrie und Forschung, ist dem zu Folge die Entwicklung einer neuen Rettungskette unter Berücksichtigung der bereits bestehenden Strukturen. Schematisch ist dies in Abbildung 1.1 dargestellt. Ein wesentlicher Aspekt ist dabei die begleitende Forschung durch die Technologiepartner der technischen Ausrüstung für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben, zusammengefasst als intelligentes sicherndes Lokalisierungssystem für die Rettung und Bergung von Verschütteten - „I-LOV“. Die sozialgesellschaftlichen und einsatzpsychologischen Aspekte von zukünftigen I-LOV-unterstützten Einsätzen werden technologiebegleitend zusammen mit dem THW durch Partner aus den genannten Bereichen durchgeführt [1].

Die neukonzipierte Rettungskette soll primär als nationale Erweiterung und technische Umsetzung des in Zusammenarbeit mit dem THW entstandenen Band 46 der Zivilschutzforschung „Methoden der Bergung Verschütteter aus zerstörten Gebäuden“ [2] gelten. Eine zeitnahe Ortung und Ermittlung der Lageposition von Opfern würde damit eine schnellere Rettung beziehungsweise Bergung der Verschütteten ermöglichen. Die Einwirkzeiten von Gefahren auf Einsatzkräfte und Opfer könnten hierdurch gering gehalten werden. Zudem könnte die belastende emotionale Komponente für die eingesetzten Hilfskräfte minimiert und gleichzeitig einer negativen Berichterstattung entgegengewirkt werden, weil innerhalb kurzer Zeit die verunglückten Personen geortet und gerettet werden könnten. Die physische

[1] Intelligentes sicherndes Lokalisierungssystem für die Rettung und Bergung von Verschütteten
[2] Bundesanstalt Technisches Hilfswerk

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

und psychische Belastung von Helfern und Verschütteten würden sich damit reduzieren lassen [1].

Eine Statistik der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe zeigt, dass die Häufigkeit von Erdbeben der Stärke fünf und höher seit 2004 von durchschnittlich 1500 pro Jahr auf über 2000 pro Jahr angestiegen ist [3]. Zwar treten die meisten Erdbeben in dünn besiedelten Gebieten oder in tiefen Erdschichten auf, jedoch hat auch eine Häufung größerer Katastrophen stattgefunden. Die Unglücke in Haiti 2010 und Japan 2011 sind markante Beispiele. Nach solchen Ereignissen in dicht besiedelten Gebieten werden oft viele Menschen unter den Trümmern ihrer Häuser begraben. Auch in Deutschland kommt es immer wieder zu Gebäudeeinstürzen. Häufige Ursachen sind Gasexplosionen, Schlammlawinen nach Starkregen oder auch bauliche Mängel, die zu Dacheinstürzen oder gar zum Wegbrechen des Fundamentes führen. Als Beispiele seien hier das Dach der Eissporthalle in Bad Reichenhall 2006 und das Kölner Stadtarchiv 2009 genannt. Dabei passiert es leider oft, dass Menschen die einstürzenden Häuser nicht rechtzeitig verlassen können. Abgesehen von den Gefahren, die diese Situation für Leib und Leben der Opfer und Rettungskräfte darstellt, ist die größte Schwierigkeit bei der Bergung der Verschütteten deren genaue Lokalisierung.

Das Teilprojekt 4 im vom BMBF[3] geförderten Projekt I-LOV behandelt die Suche von Verschütteten in Erdbebenszenarien. Auf dem heutigen Markt für Katastrophenschutzmittel sind bereits einige Systeme erhältlich, die aber immer auf besonderen, durch die potentiellen Opfer mitzuführenden Anhängern (Tags) oder Ähnlichem beruhen, die dann geortet werden können. Beispiele sind hierfür die Systeme RECCO [4] und LVS [5]. Diese werden häufig bei Lawinengefahr eingesetzt. Der große Nachteil solcher Systeme ist die Notwendigkeit einer besonderen Beschaffung. Es kämen also zusätzliche Kosten auf alle gefährdeten Personen zu. Die Frage, wer als gefährdet gilt, ist zudem nicht leicht zu beantworten. Zwar ist die Wahrscheinlichkeit von einem Erdbeben überrascht zu werden zum Beispiel in der Nähe der San-Andreas-Verwerfung in Kalifornien deutlich höher als in der Eifel, aber auch dort hat man erst 2011 ein Erdbeben der Stärke 4,8 gemessen. Zusätzlich sind solche kommerziell erhältlichen Systeme nicht für eine Trümmersuche ausgelegt und bieten daher nur eine sehr begrenzte Reichweite. Auch deshalb liegt es nahe, als Ortungshilfsmittel das Gerät zu nutzen, das laut einer Untersuchung des THW 80% aller Verschütteten bei sich tragen: das Mobiltelefon [6].

Für die Ortung von Mobiltelefonen gibt es bereits verschiedenste Ansätze, meist Zellen- oder Laufzeitbasiert. Diese Verfahren bieten aber im günstigsten Fall eine Genauigkeit von 50 m, was für eine exakte Ortung in einem Trümmerfeld bei Weitem nicht ausreicht. Eine

[3] Bundesministerium für Bildung und Forschung

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

exaktere Ortung wäre nur mithilfe der in vielen MS[4] integrierten GPS-Chipsätze möglich. Dafür ist aber eine direkte Sichtverbindung zu mindestens vier Satelliten nötig, was unter Trümmern kaum möglich ist. Daher wurde im Projekt I-LOV ein neues Verfahren zur hochgenauen Ortung von MS entwickelt. Dabei werden zwei verschiedene Ansätze verfolgt. Zum einen ein neuartiges TDOA[5]-Verfahren [7–15] und zum anderen ein neues Konzept zur Feldstärkeortung [16–21]. Die vorliegende Arbeit basiert auf eben diesem Ansatz zur Feldstärkeortung. Mithilfe einer innovativen Kombination von BTS[6] [22], Störsender [23–27] und Feldstärkesensormodul [28, 29] soll die bisherige Genauigkeitsgrenze von 50 m um den Faktor 1000 auf 5 cm verbessert werden. Damit soll eine punktgenaue Ortung der Mobiltelefone und damit der Opfer ermöglicht werden.

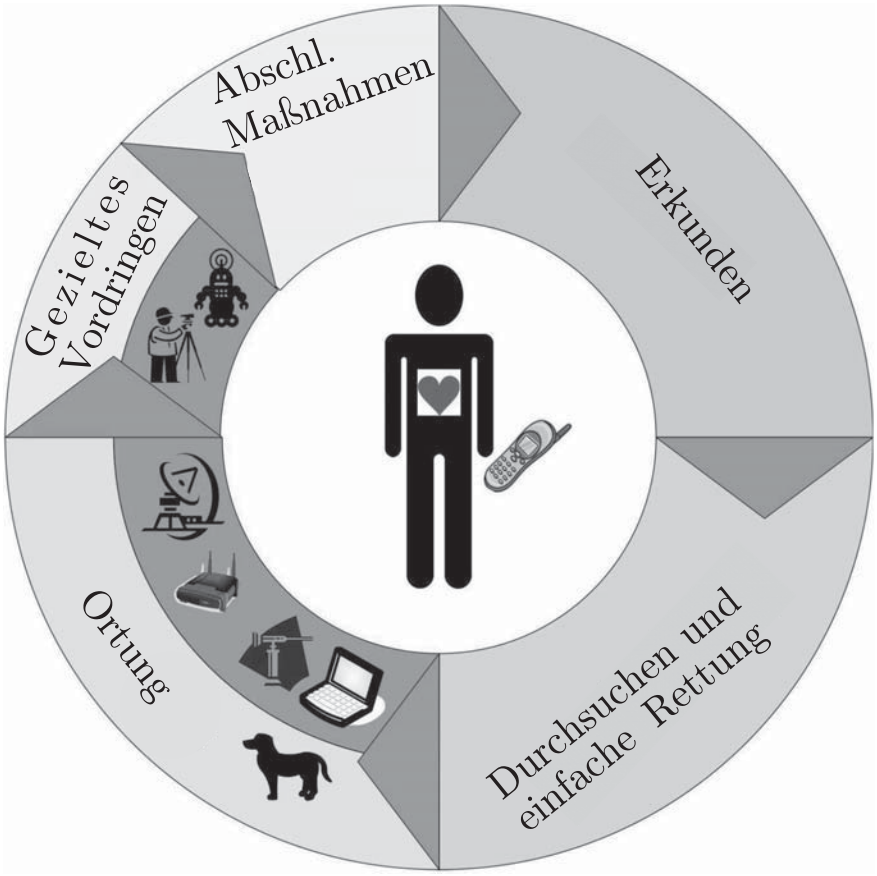

Abbildung 1.1: I-LOV-Gesamtkonzept [1].

[4]Mobilstation GSM, umgangssprachlich: Handy, engl.: Mobile Station
[5]Laufzeitdifferenz, engl.: Time Difference of Arrival
[6]GSM-Mobilfunk-Basisstation, engl.: Base Transceiver Station

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

2 Mobilfunk-Grundlagen

In den frühen 80er Jahren des 20. Jahrhunderts wurden kabellose Telefoniesysteme in ganz Europa kommerziell erhältlich. Die sogenannten 1G[1] - Standards bestanden aus verschiedenen heterogenen Systemen wie zum Beispiel dem NMT[2], Radiocomm 2000, TACS[3] oder den deutschen A-/B-und C-Netzen. Diese Standards basierten alle auf analoger Sprachübertragung. Mobilgeräte zu dieser Zeit waren groß, unhandlich und boten nur geringe Akkulaufzeiten. Zudem litt die Sprachqualität unter der analogen Sprachübertragung und eine Verschlüsselung war kaum möglich. Die meisten Systeme konnten leicht abgehört werden, sobald die Übertragungsfrequenz bekannt war. Aufgrund der vielfältigen nationalen Standards war sogenanntes Roaming, also die Nutzung eines Mobiltelefons außerhalb des eigenen Mobilfunknetzes, nicht möglich. Des Weiteren waren die Möglichkeiten der 1G-Systeme beschränkt und die Preise der mobilen Endgeräte sowie die anfallenden Gebühren sehr hoch. Zusatzdienste wie SMS[4] oder mobiles Internet wurden noch nicht angeboten. Dies führte bis dato zu einer im Allgemeinen geringen Verbreitung dieser Systeme. Eine Ausnahme bildeten in diesem Zusammenhang die skandinavischen Länder. Hier war das NMT bereits 1981 sehr erfolgreich und zählte beispielsweise in Schweden 20.000 Nutzer [30].

Der Grundstein für erschwingliche private Mobilkommunikation in Europa wurde 1981 mit der Gründung der „Group Speciale Mobile“ durch die CEPT[5] gelegt. Hier wurde beschlossen, ein europaübergreifendes Telekommunikationssystem zu entwickeln [31]. Dieser neue Standard, später bekannt als GSM[6], sollte das europäische Flickwerk an Kommunikationssystemen vereinen und Roaming ermöglichen. 1991 wurden in Finnland die ersten GSM-Netzwerke in Europa in Betrieb genommen. GSM löste die bereits erwähnten Nachteile der älteren Systeme und stellte gleichzeitig einige neue Eigenschaften zur Verfügung. Nun war

[1] Kommunikationsstandards der ersten Generation
[2] engl.: Nordic Mobile Telephone
[3] engl.: Total Access Communication System
[4] Kurznachricht mit ursprünglich 256 Zeichen, engl.: Short Message Service
[5] Europäische Konferenz der Verwaltungen für Post und Telekommunikation, franz.: Conférence Européenne des Administrations des Postes et des Télécommunications
[6] Globales System für Mobilkommunikation, engl.: Global System for Mobile Communication

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

digitale und verschlüsselte Sprachübertragung möglich, SMS-Nachrichten konnten versendet und die Identität eines jeden Teilnehmers konnte mithilfe der SIM-Karte[7] nachgewiesen werden. Durch die Weiterentwicklung der HF[8]-Empfängertechnik wurden Mobilgeräte immer kleiner und günstiger. Zusätzlich wurde die Akkulaufzeit stetig erhöht. Durch die Verbesserung der Benutzerfreundlichkeit, die Erweiterung der Funktionen sowie die Senkung der Gebühren wurde das Mobiltelefon schnell zu einem Begleiter für jedermann [32] mit einer europaweiten Netzabdeckung von mehr als 90% (vergleiche Abbildung 2.1). Eine Statistik aus dem Jahre 2012 zeigt, dass bereits 2011 83% aller deutschen Haushalte mindestens ein Mobiltelefon besaßen [33]. Nach einer weiteren Statistik besaß 2007 jeder Deutsche im Durchschnitt bereits 1,18 Mobiltelefone [34]. Daher liegt es nahe, GSM-Mobilfunk auch im Hinblick einer Ortung von verschütteten Personen zu untersuchen. Mitte der 90er Jahre explodierte die Nutzung des Internets förmlich und bald reichte die begrenzte Datenrate von GPRS[9] und HSCSD[10] des letzten GSM-Standards (GSM Phase 2+ aus dem Jahr 1998) nicht mehr aus, um die mobilen Bedürfnisse der Verbraucher zu bedienen. Das 3GPP[11] spezifizierte, auch als Reaktion darauf, den UMTS[12]-Standard. International wird dieser Standard auch häufig WCDMA[13] genannt. Bis heute wurde die Netzabdeckung stetig verbessert, so dass UMTS neben den großen Ballungszentren auch viele ländliche Gebiete abdeckt. Dies führt dazu, dass aktuelle Mobilgeräte immer beide Systeme unterstützen und GSM oft als Reservetechnologie nutzen, falls an einem Standort UMTS nicht verfügbar ist. Ähnliches gilt für den neuen Mobilfunkstandard LTE[14]. LTE wird im Ausblick dieser Arbeit betrachtet.

2.1 GSM-Mobilfunkstandard

In Kapitel 2.1 werden alle notwendigen Grundlagen des GSM-Mobilfunkstandards betrachtet, die im Hinblick auf eine Störung und eine Lokalisierung eines Mobilfunkendgerätes von Interesse sind. Eine ausführliche Behandlung aller Charakteristika des GSM-Standards

[7] Einschubkarte in ein Mobiltelefon, die den Benutzer bei seinem Netzbetreiber identifiziert, engl.: Subscriber Identity Module
[8] Hochfrequenz
[9] Allgemeiner paketorientierter Funkdienst, engl.: General Packet Radio Service
[10] Schnelle leitungsvermittelte Datenübertragung, engl.: High Speed Circuit Switched Data
[11] engl.: 3rd Generation Partnership Project
[12] Mobilfunkstandard der dritten Generation, engl.: Universal Mobile Telecommunications System
[13] Breitband-Codemultiplexverfahren, engl.: Wideband Code Division Multiple Access
[14] Kommunikationsstandard der vierten Generation, engl.: Long Term Evolution

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.