

Projekt e-Triage: Datenmanagement für die elektronische Betroffenenenerfassung und Akzeptanz bei Rettungskräften

Anton Donner, und Stefan Erl

DLR, Institut für Kommunikation und Navigation
Postfach 1116, 82230 Weßling
Anton.Donner@dlr.de, Stefan.Erl@dlr.de

Christine Adler, Anton Metz, und Marion Krüsmann

Ludwig Maximilians Universität, Department Psychologie
Leopoldstraße 13, 80802 München
Christine.Adler@psy.lmu.de, Anton.Metz@psy.lmu.de, Marion.Kruesmann@t-online.de

Thomas Greiner-Mai, und Michael Ben-Amar

Euro-DMS Ltd
Anzengruberstraße 10 A, 82140 Olching
Greiner-Mai@euro-dms.de, Ben-Amar@euro-dms.de

Abstract: Die Anforderungen an Anwendungen für IT-gestütztes Management eines Massenanfall von Verletzten (MANV) sind vielfältig. Neben Aspekten der Ergonomie (Hardware, Benutzeroberflächen) müssen organisatorische Fragen berücksichtigt werden. Die Nutzer sind im MANV besonders stressreichen Situationen ausgesetzt, und die Einstellung zur Technik und der Umgang mit neuen Technologien können eine entscheidende Rolle spielen. Bei einem MANV muss zudem davon ausgegangen werden, dass Kommunikationsinfrastruktur gar nicht oder nur eingeschränkt verfügbar ist. Daraus ergeben sich Ansprüche an die Datenhaltung, die für den Einsatz in einer möglicherweise provisorischen Umgebung entsprechend robust ausgelegt sein muss.

1 Einleitung

Eine Großschadenslage bzw. ein Katastrophengeschehen stellt generell eine komplexe Situation dar, die verschiedene Anforderungen an die eingesetzte Technik und die vor Ort tätigen Einsatzkräfte stellt. Erschwert wird die Situation dadurch, dass die Einsatzkräfte sich mit einer dynamisch entwickelnden Situation konfrontiert sehen, in der die notwendigen Maßnahmen und zu treffenden taktischen Entscheidungen nicht zu Beginn des Einsatzes bereits feststehen, sondern sich im Laufe der Zeit entwickeln. Größere Lagen sind fast

immer als zeitlich und örtlich verteilte Einsatzgeschehen zu betrachten: Einsatzkräfte treffen zeitversetzt ein, verschiedene Aufgaben werden von den jeweiligen Fachdiensten nach und nach wahrgenommen, und die Lage kann bedingt durch das eigentliche Ausmaß oder geographisch verteilte Einsatzabschnitte eine entsprechende räumliche Dimension haben.

Der Übergang vom regulären Rettungsdienst zu einem Massenanfall von Verletzten (MANV) ist fließend und lässt sich nicht unbedingt durch die Anzahl von Verletzten und Betroffenen definieren. Zum einen basiert die erste Alarmierung von Einsatzkräften auf mehr oder weniger genauen Schätzwerten, zum anderen muss die Anzahl von Patienten auch in Relation zu den verfügbaren Ressourcen betrachtet werden. Zentrale Aufgabenstellung des Projektes e-Triage ist die Konzeption und Umsetzung eines integrierten Systems für die elektronische Betroffenenenerfassung. Es soll sowohl im Katastrophenfall als auch in Individualnotfällen eingesetzt werden können.

Ein IT-gestütztes System für Rettungskräfte muss deshalb voll skalierbar sein und auch die teilweise enorme Dynamik von Einsätzen handhaben können [GMD10]. Die zur Verfügung stehenden Kommunikationsnetze können sehr unterschiedlich sein. Im Normalfall stehen 3G/4G Mobilfunksysteme oder das im Aufbau befindliche eher schmalbandige digitale BOS-Netz für die Datenübertragung zur Verfügung, im Katastrophenfall muss aber davon ausgegangen werden, dass diese Netze überlastet oder beschädigt sind [AKGM⁺ 11], oder dass entsprechende Vorrangschaltungen nicht beantragt wurden.

Für medizinisches Personal ist der wesentliche Unterschied beim Übergang vom Individualnotfall zum MANV, dass sich der einzelne Helfer beim MANV mit einer großen Anzahl von hilfebedürftigen Personen konfrontiert sieht und die gewohnten Arbeitsweisen (d.h. individuelle Versorgungen von Patienten) schlagartig umgestellt werden müssen.

In dieser Arbeit werden Überlegungen zum Datenmanagement im Forschungsprojekt e-Triage sowie Aspekte der psychologischen Begleitforschung beschrieben. Als Datenmanagement verstehen wir in diesem Zusammenhang Datenerfassung und -visualisierung und die Organisation des verteilten Datenbanksystems, worauf wir in diesem Beitrag näher eingehen. Ein weiterer Schwerpunkt dieses Artikels ist die Darstellung erster Ergebnisse von Untersuchungen zur Akzeptanz eines elektronischen Systems bei Rettungskräften.

2 Datenmanagement

2.1 Allgemeine Überlegungen

Abbildung 1 zeigt exemplarisch den theoretischen Weg eines Patienten in einem MANV entlang der Rettungskette vom Unfallort bis zum Krankenhaus. Der dem Patienten zugeordnete Datensatz besteht nach der Bergungssichtung (und/oder Dekontamination-Sichtung) lediglich aus ID und Sichtungskategorie, wobei manche Sichtungsverfahren auch rudimentäre Erstdiagnosen wie z.B. Verbrennung oder Schädel-Hirn-Trauma berücksichtigen. Elektronische Verletztenerfassung bietet hier bereits weiter führende Möglichkeiten wie z.B. GPS-Koordinaten des Fundorts und Fotos für die Dokumentation. Bei der Behandlungssichtung an der Patientenablage oder am Eingang des Behandlungsplatzes wird die

Dringlichkeit der Behandlung erneut eingestuft und der bestehende Datensatz mit weiteren Daten wie Ort, Sichter und Uhrzeit aktualisiert. Insofern es die Umstände erlauben, können am Behandlungsplatz weitere Daten (z.B. Behandlungs- und Therapiemaßnahmen, Informationen über Identität und Verbleib von Patienten und Betroffenen) erhoben werden. Als Teil der Dokumentation wird ein Rettungsdienstprotokoll oder Notarzteinsatzprotokoll während des anschließenden Transportes in ein Krankenhaus oder eine Unterkunft ausgefüllt. Diese Betrachtungen legen nahe, dass ein elektronisches Erfassungs-

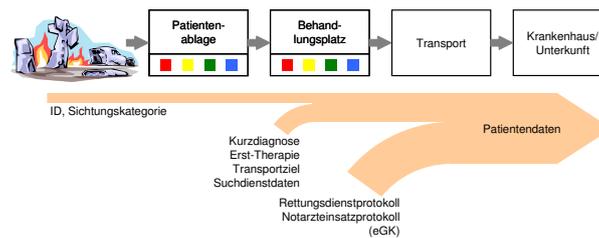


Abbildung 1: Auflaufende Patientendaten entlang der Rettungskette.

system nicht nur auf die Sichtung im MANV-Fall beschränkt sein darf, sondern auch die weiteren Stationen der Patientenversorgung abdecken muss.

Es existiert ein Lastenheft der Bundesärztekammer für eine von der kommenden elektronischen Gesundheitskarte (eGK) unterstützten Anwendung, "mit der medizinische Daten, soweit sie für die Notfallversorgung erforderlich sind, bereitgestellt werden können"¹. Das Lastenheft beschreibt u.a. das Szenario "präklinische Versorgung des Patienten durch Rettungsdienst", in dem das Auslesen von notfallrelevanten medizinischen Informationen aus der eGK vorgesehen ist. Ob und welche Daten der eGK in Zukunft im Falle eines MANV in ein elektronisches Verletztenersfassungssystem übernommen werden dürfen ist derzeit noch ungeklärt. Aus organisatorischer Sicht wären zumindest Daten für die Identifizierung der Person hilfreich, eine sorgfältige Abwägung der datenschutzrechtlichen Rahmenbedingungen und Erfordernisse ist aber in jedem Fall zwingend erforderlich.

Da bei einem MANV definitionsgemäß Personen körperlich geschädigt werden, ist polizeiliche Ermittlungsarbeit unabdingbar. Bei großen Schadensereignissen muss es zudem möglich sein, den Verbleib von Personen zeitnah zu klären. Die Verletztenanhängerkarte (VAK) des Deutschen Roten Kreuz (DRK) enthält hierfür eine Suchdienstkarte, die dem DRK-Suchdienst zugeführt wird. Ein elektronisches System könnte diese Abläufe erleichtern und beschleunigen, die hierfür notwendigen organisatorischen und rechtlichen Voraussetzungen liegen allerdings außerhalb des von uns betrachteten Datenmanagements.

Obwohl sich das e-Triage Projekt primär mit den Anforderungen der Rettungskräfte in der Erstphase eines MANV befasst, können sich die über die Betroffenen erhobenen Daten für die mittel- und langfristige Logistik im Katastrophenfall als besonders wertvoll erweisen. Erfahrungen aus dem Hurrikan Katrina [KPB⁺08] zeigen, dass das MANV-Management

¹Quelle: Bundesärztekammer. Lastenheft Notfalldaten-Management (NFDm). http://www.baek.de/downloads/Notfalldatenmanagement_Lastenheft.pdf, März 2011. Version 1.0.0.

nicht nur auf wenige Stunden beschränkt sein kann, sondern dass die medizinische Versorgung möglicherweise vieler Betroffener auch über einen längeren Zeitraum in einer provisorischen Umgebung aufrechterhalten werden muss.

2.2 Datenerfassung

Bei der Auswahl der im Projekt zu verwendenden Hardware für die Verletzenerfassung mussten einerseits die hohen Anforderungen der zukünftigen Anwender an das System, und andererseits die möglichen und nötigen technischen Rahmenbedingungen berücksichtigt werden. Die Auswahl und Entwicklung der Hard- und Software stützt sich schwerpunktmäßig auf die Forschungsergebnisse des Verbundpartners Ludwig Maximilians Universität (LMU), Department für Psychologie.

Ultraportable Plattformen (PDA, Smartphone, Organizer) schieden aus, da mit diesen die Wünsche der Benutzer (siehe Abschnitt 3.3) nicht adäquat umgesetzt werden können und technische Voraussetzungen (Schnittstellenvielfalt, Programmierumgebung, großes Display usw.) nicht gegeben waren. Ein Tablet-PC hingegen genügt diesen Ansprüchen: Integrierter RFID-Leser, Barcodescanner, Kamera, WLAN, WWAN, Bluetooth, Lesbarkeit im direkten Sonnenlicht, Akkuwechsel ohne Betriebsunterbrechung. Es wurde ein Modell gewählt, welches außerdem unempfindlich gegen äußere Einflüsse ist und einen möglichst hohen Bedien- und Tragekomfort bietet².

Vom Projektleitungskreis wurde entschieden, die bestehende VAK parallel zu verwenden. Diese dient zum einen als Rückfallebene, zum anderen kann jederzeit eine Einbindung von Kräften ohne technisches Unterstützungssystem zu ermöglicht werden. Nicht zuletzt werden Sichtungsteams derzeit im Umfeld des e-Triage Projektes auf diese Karte geschult, so dass Erprobungen mit abweichenden Systemen (farbige Armbänder usw.) zu unnötiger Verwirrung führen könnten. Die VAK wurde mit Aufklebern für den RFID-Chip, 2D-Barcode und einer lesbaren ID (alphanumerischer Code) erweitert [MGW⁺06]. Je nach eingesetztem Gerät können die maschinenlesbaren IDs entweder direkt gescannt oder über eine Tastatur eingegeben werden.

Anwender werden bei der Erst-(Initial-)Sichtung durch den mSTaRT-Algorithmus³ [KHK⁺06] in einer unterstützenden und vereinfachten Benutzeroberfläche geführt. Bei Benutzung der VAK kann die Sichtungskategorie frei gewählt werden. Ist im Gerät eine Kamera (z.B. WebCam) integriert, so besteht ferner die Möglichkeit, Fotos aufzunehmen. Dies kann genutzt werden, um die Auffindsituation zu dokumentieren, den Patienten zu erfassen (Identifizierung bzw. Suchdienst), oder einen Verlauf festzuhalten. Zusammen mit ID und Sichtungskategorie ergibt sich der erste dem Patienten zugeordnete Datensatz.

Die Daten werden in die lokale Datenbank geschrieben und bei bestehender Netzverbindung automatisch mit anderen Datenbankinstanzen synchronisiert, die sich vor Ort bei der lokalen Einsatzleitung befinden, und/oder entfernt in einem Rechenzentrum im Internet. Eine verschlüsselte Speicherung der Daten wird vom gewählten Datenbanksystem

²Motion F5v Produktspezifikationen, <http://www.motioncomputing.de/>

³modifiziertes Simple Triage and Rapid Treatment

unterstützt. Für die Luftschnittstelle werden die gängigen Verschlüsselungstechniken verwendet (WPA2 für WLAN). Sollten weder Weitverkehrsnetze noch Verbindungen zwischen einzelnen Einsatzabschnitten zur Verfügung stehen, so besteht die Möglichkeit, einen Tablet-PC als Datenträger zwischen den Abschnitten zu verwenden.

Wie in Abbildung 1 dargestellt können mit der Software entlang der Rettungskette weitere Patientendaten erhoben werden. Somit hat die Einsatzleitung jederzeit Informationen über den Verbleib des Patienten und kann ggf. weitere Informationen ergänzen, wie z.B. die Zuweisung eines Krankenhausbettes oder einer Unterkunft. Im System integriert ist eine Eingabemaske analog dem Notarzteinsatzprotokoll für den Rettungs- bzw. Notarzdienst in Deutschland, welche auf die gleiche lokale Datenbasis zugreift. Die Anwendung im Alltagseinsatz wird damit gefördert. Das Rettungsdienstpersonal kann Gerät und Software im täglichen Dienst einsetzen und sich daran gewöhnen. In der Ausnahmesituation wie bei einem MANV wird dasselbe Gerät verwendet. Durch einfaches Umschalten auf MANV bzw. Katastrophe können die relevanten Algorithmen aufgerufen und bearbeitet werden. Es wird sichergestellt, dass die Geräte auch im MANV mitgeführt werden und nicht im Katastrophenschutzkeller oder Geräteraum der Katastrophenschutzfahrzeuge "vergessen" werden. Ferner wird damit die Wirtschaftlichkeit einer solchen Investition für den Betreiber gewährleistet, da sich auch im "Alltagsgeschäft" ein Einsatzbereich ergibt.

Um eine der Extremsituation angepasste einfache Rechteverwaltung zu ermöglichen, orientiert sich das System an den Hierarchieebenen der Einsatzkräfte und Prozessabläufen an der Einsatzstelle. Das heißt je nach Funktion, Aufgabenbereich und damit verbundener Anmeldung am System werden entsprechende Eingabemöglichkeiten freigeschaltet.

2.3 GUI und Datenvisualisierung

Die Darstellung der Eingabemasken und Daten in einer Extremsituation wie einem MANV folgt naturgemäß anderen Anforderungen [AMKK11] als denen einer Alltagsumgebung. Um effizientes, sicheres und stressarmes Arbeiten zu ermöglichen wurden die Anzahl der Untermenüs und die dargestellten Informationen pro Oberfläche auf ein Mindestmaß reduziert. Grundsätzlich orientiert sich die GUI zur Erfassung der Betroffenenendaten an der bundesweit bekannten DRK-Verletztenanhängerkarte, so dass sich der Anwender schnell zurechtfinden kann und ein Wechsel zwischen den Systemen problemlos möglich ist. Abbildung 2 zeigt exemplarisch verschiedene Benutzeroberflächen für verschiedene involvierte Rollen bei der Abarbeitung eines MANV.

Die GUI für die Erstsichtung wurde bereits in einer ersten Erprobung vom Projektpartner LMU evaluiert. Sie beinhaltet lediglich die notwendigsten Angaben in Textform, die Informationen zur Bedienung werden in symbolischer und grafischer Form dargestellt. Die einzelnen Seiten sind so aufgebaut, dass in der Regel nur eine Auswahl zu treffen ist und dann die nächste Eingabemaske geöffnet wird. So wird der Anwender nicht mit Informationen überfordert und schrittweise durch den mSTaRT-Algorithmus geführt.

Fehleingaben oder ein Übersehen von notwendigen Angaben sind nicht möglich. Der Anwender wird am Ende beim Speichern auf fehlende Angaben hingewiesen und kann die

Daten ergänzen. Die Oberflächengestaltung basiert auf der Dateneingabe mittels eines Stiftes (Digitizer), die Gestaltung lässt aber auch eine Bedienung durch einen Touchscreen mittels Finger problemlos zu. Anzumerken ist, dass gebräuchliche kapazitive Touchscreens nicht mit Untersuchungshandschuhen bedient werden können.

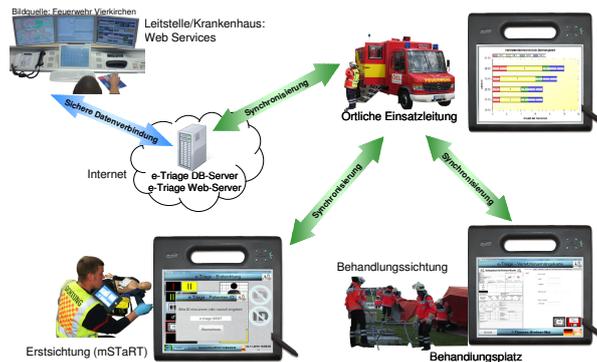


Abbildung 2: An die Rolle der Anwender angepasste GUIs bei einem MANV.

Aggregierte Darstellungen der Lage sind für Entscheidungsträger jederzeit möglich, da die gesammelten Daten in jeder Datenbankinstanz im System von Anwendern mit entsprechenden Rechten abgerufen werden können. Unter anderem werden folgende Darstellungen implementiert:

- Anzahl der Betroffenen nach Sichtungskategorien und Zeitverlauf.
- Verteilung der Betroffenen nach Standort (Schadensgebiet, Verletztensammelstelle, Behandlungsplatz, ...).
- Suchmöglichkeiten nach verschiedensten Parametern (Name, Transportmittel, ...).
- Informationen über die Sichtungsteams.
- Zuordnung der Patienten zu Transportmittel und aufnehmendem Krankenhaus.

Leitstellen, Krankenhäuser oder Behörden, welche sich nicht vor Ort befinden, können Datenaustausch über spezielle Web-Schnittstellen über Internetdienste (Web-Services) durchführen.

2.4 Datenhaltung

Auch wenn die über die Betroffenen erhobenen Daten bei einem MANV einer Einsatzleitung zentral zur Verfügung stehen sollen, so erscheint eine völlig zentralisierte Datenhaltung wegen der inhärenten Dynamik des Einsatzes und der möglicherweise weiträumigen

Ausdehnung nicht zweckmäßig. Hinzu kommt, dass drahtlose Kommunikationstechnologien im Freien zwar im Normalfall genügende Reichweiten haben, die sich aber in ungünstigen Umgebungen (Gebäude, Tunnel, usw.) stark verringern können.

Nahe liegender Schluss ist daher die Verwendung eines verteilten Datenbanksystems, das aus mehreren sich automatisch selbst synchronisierenden Instanzen besteht. Die einzelnen Instanzen werden sowohl auf den mobilen Erfassungsgeräten installiert, die im Folgenden als mobile Knoten bezeichnet werden, als auch auf Rechnern, die an festen Knoten angeschlossen sind. Ein fester Knoten ist beispielsweise ein Einsatzleitwagen oder ein Kommunikationskoffer und beinhaltet neben der Datenbankinstanz im einfachsten Fall einen IPv4-WLAN-Router mit Network Address Translation (NAT). Zusätzliche Instanzen des Datenbanksystems befinden sich auf dedizierten Servern in Rechenzentren im Internet, die über ein Webinterface von Krankenhäusern und Leitstellen abgefragt werden können.

Da die Netzanbindung der mobilen Erfassungsgeräte drahtlos erfolgt, kann es relativ häufig zu Verbindungsbeeinträchtigungen kommen. Replikationsmechanismen von verteilten Datenbanksystemen können mit diesen Linkunterbrechungen und der damit verbundenen Änderung der Netztopologie durch Wegfall und Wiedereintritt von Instanzen nicht automatisch umgehen, was zu einem Verlust der Konsistenz des verteilten Datensatzes führt. Eine Veränderung der Netztopologie erfordert daher entweder eine manuelle Umkonfiguration des Replikationssystems oder entsprechende aufwändige Signalisierung zwischen den Datenbankinstanzen, die bei häufigen Topologieänderungen, beispielsweise verursacht durch viele mobile Instanzen mit schlechtem Empfang, einen durchaus signifikanten Verbrauch von verfügbarer Bandbreite ausmachen kann.

Die Konfiguration des Replikatorsystems erfordert in beiden Fällen eine globale Sicht auf die Netztopologie, die aber auf Grund der drahtlosen Anbindung der mobilen Instanzen und den sich daraus ergebenden häufigen und nicht planbaren Veränderungen kaum vorhanden ist.

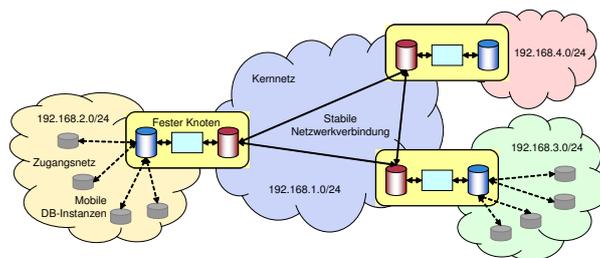


Abbildung 3: Aufteilung des Datenbankverbundes in Kernnetz und Zugangsnetze.

Daher wird der neu erarbeitete Ansatz verwendet, die mobilen von den festen Knoten zu entkoppeln und das gesamte Netz in mehrere autonome Teilnetze mit eigenem Replikatorsystem aufzuteilen, um eine aufwändige Signalisierung zu vermeiden und das notwendige Wissen über die vorhandenen Datenbankinstanzen auf einen lokalen Bereich zu beschränken. Jeder feste Knoten bildet mit seinen mobilen Instanzen jeweils ein Zugangsnetz. Das Kernnetz wird zwischen den festen Knoten gebildet und verbindet die einzelnen

autonomen Zugangsnetze miteinander (sowohl drahtgebunden als auch drahtlos). Die Datenbank im festen Knoten bildet dabei den Übergang zwischen den beiden Netzen. Diese Architektur ergab sich auch wegen der geforderten dynamischen Erweiterbarkeit der Drahtlosnetze. Beispielsweise kann ein weiterer WLAN-Router (fester Knoten) im DHCP-Client-Mode in ein bestehendes WLAN-Kernnetz aufgenommen werden, so dass sich alle festen Knoten im selben Subnetz befinden. Falls noch kein Kernnetz besteht agiert dieser Router als DHCP-Server für später beitretende feste Knoten.

Da eine Tabelle einer Datenbank wegen Beschränkungen im verwendeten quelloffenen Replikator nicht gleichzeitig Teil von zwei unterschiedlichen Replikatorsystemen sein kann⁴, die von uns vorgeschlagene Methode dies allerdings voraussetzt, werden zwei Datenbanken mit identischer Struktur im lokalen Server des festen Knotens eingesetzt, die mit einem Duplikator-Modul synchronisiert werden. Eine der beiden Datenbanken ist dem Zugangsnetz zugeordnet, die andere dem Kernnetz. Der Einsatz eines anderen kommerziell vertriebenen Replikators, der diese Einschränkung nicht besitzt, wird aus Kostengründen vermieden. Diese Aufteilung ist in Abbildung 3 beispielhaft für drei feste Knoten gezeigt.

Durch diese Entkoppelung muss das Replikatorsystem in einem Zugangsnetz nur entsprechend den lokal vorhandenen mobilen Instanzen konfiguriert werden. Dies lässt sich leicht automatisch bewerkstelligen, da die relevanten mobilen Instanzen im eigenen Subnet des festen Knotens leicht entdeckt werden können ("Service Discovery"). Da in den Zugangsnetzen nur sternförmige Topologien auftreten, wird zudem die Konfiguration des Replikatorsystems deutlich erleichtert, was bei der hohen Dynamik der Zugangsnetze von Vorteil ist. Die Replikatorconfiguration des Kernnetzes beschränkt sich auf die festen Instanzen. Diese kann ebenfalls automatisch durchgeführt werden, da sich alle festen Instanzen im selben Subnetz befinden. Verlässt ein mobiler Knoten ein Teilnetz und tritt einem anderen Netz bei, so meldet er sich nur bei dem neuen zuständigen festen Knoten an. Eine Signalisierung zwischen den festen Knoten zweier Teilnetze über diese Topologieveränderung ist nicht erforderlich. Abmeldungen von mobilen/festen Knoten erfolgen indirekt über den Ablauf von Timern.

Da auf allen Knoten das Datenbanksystem installiert ist, und jeder Knoten alle vorhandenen Daten speichert, bleiben die mobilen Knoten auch beim Wegfall eines festen Knotens voll einsatzfähig. Durch den Verzicht auf einen zentralen Server, der einen "Single Point of Failure" darstellt, wird die Netztopologie möglichst flach gehalten, wodurch eine einfache dynamische Änderung des Netzes ermöglicht wird. So können beispielsweise Daten bereits vor dem Aufbau eines Kommunikationsknotens gesammelt, und sobald dieser verfügbar ist, mit den anderen Datenbankinstanzen abgeglichen werden.

Die Funktionsweise des Duplikators ist in Abbildung 4 dargestellt. Der Duplikator meldet sich bei beiden Datenbanken an und registriert sich als Monitor für ein Event, das jedesmal auftritt, wenn in einer der Datenbanken ein neuer Eintrag eingefügt wird. Daten, die mit einer mobilen Instanz erfasst werden, werden zunächst mit der für das Zugangsnetz zuständigen Datenbank des festen Knotens abgeglichen. Der Duplikator wird von der Datenbank über den neuen Eintrag informiert ("notify") und ruft diesen in den internen Speicher ab ("fetch"). Er überprüft daraufhin, ob dieser Eintrag in der Datenbank für das

⁴Ingres 9.3 Replicator User Guide, <http://code.ingres.com/ingres/branches/advisor/src/tools/techpub/pdf/ReplicatorUser.pdf>

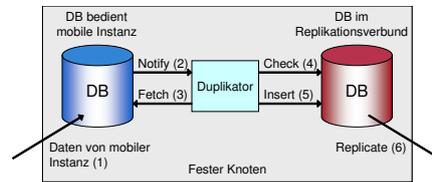


Abbildung 4: Funktionsweise des Duplikators.

Kernnetz bereits vorhanden ist (“check”). Falls ja, wird er verworfen, andernfalls wird er in diese eingetragen (“insert”). Von hier an werden die Daten über das Replikatorsystem des Kernnetzes an weitere feste Knoten weitergeleitet.

Der Transfer in entgegengesetzter Richtung, von der Datenbank des Kernnetzes zur Datenbank für die mobilen Knoten, funktioniert nach genau dem gleichen Prinzip. Dazu wird eine zweite Instanz des Duplikators mit vertauschten Datenbanken verwendet. Einträge, die vom Duplikator in eine Datenbank eingetragen werden, lösen kein Event aus, und werden somit auch nicht vom in entgegengesetzter Richtung arbeitenden Duplikator erkannt. Eine parallele Änderung derselben Daten in zwei unterschiedlichen Zugangsnetzen führt hier nicht zu einem Konflikt, da im Systemdesign für jede Änderung von Daten ein neuer Eintrag angelegt wird, und somit nur “inserts” auftreten. Allerdings können Linkunterbrechungen Nebenläufigkeiten verursachen, die sich nur durch einen Zeitstempel auflösen lassen.

3 Interdisziplinäre Entwicklung

3.1 Ist-Stand-Analyse

An der Einsatzstelle eines Katastrophengeschehens treffen eine große Anzahl verschiedener Einsatzkräfte aus unterschiedlichen Bereichen, wie z.B. Feuerwehr, Rettungsdienst und Technisches Hilfswerk aufeinander, die ihre Arbeit untereinander abstimmen müssen. In Situationen einer gemeinsamen Aufgabenbewältigung durch eine Vielzahl von Einzelindividuen spielt geteiltes Situationsbewusstsein [EG00, End95, Str01] eine zentrale Rolle. Um ein adäquates Abbild der Umwelt-Situationselemente eines Katastrophengeschehens für alle an einem Einsatz beteiligten Rettungskräfte zu erhalten, ist eine funktionierende Kommunikationsstruktur mit funktionierenden Kommunikationskanälen nötig, in der Informationen ungehindert in alle Richtungen fließen können.

Im Rahmen der integrierten Begleitforschung werden u.a. laufend Übungen im Einsatzwesen beobachtet, dokumentiert und ausgewertet. Aus diesen Untersuchungen wurde das in Abbildung 5 dargestellte Ablaufschema der Kommunikation in einer Katastrophe abstrahiert [AMKK11].

Die Kommunikationskanäle unterliegen vielfachen Störungen, der ungehinderte Informa-

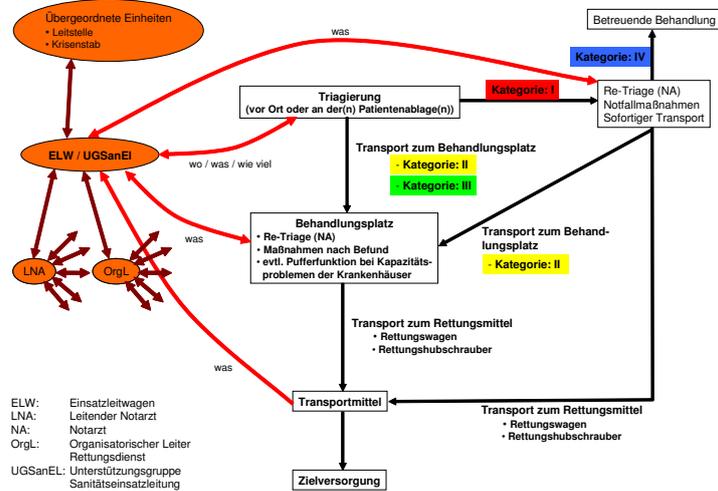


Abbildung 5: Ablaufschema Kommunikation [AMKK11].

tionsfluss ist auf Grund der horizontalen (Triage/Ablage-Ort, Behandlungsplatz, Transportmittel, Zielversorgung) und vertikalen Trennung (Einsatzleitung, Einsatzkraft, Organisatorischer Leiter Rettungsdienst (OrgL), Leitstelle, Krisenstab) der Aufgaben- und Handlungsschwerpunkte erschwert. Zusätzlich können auch größere geografische Entfernungen die Kommunikation behindern oder technische bzw. menschliche Einschränkungen die Information falsch bzw. mit erheblicher Zeitverzögerung weiterleiten. Ein Haupterfordernis für das e-Triage Projekt ist es, die in den einzelnen Teilbereichen gesammelten Informationen den jeweils anderen Teilbereichen zeitnah (möglichst in Echtzeit) zur Verfügung zu stellen. Damit wird ein reales geteiltes Situationsbewusstsein erzeugt, das die Lagebeurteilung und die Führung einer Großschadenslage unterstützt und erleichtert.

3.2 Technologieeinsatz – Akzeptanz

Die Akzeptanz von Technik wird durch den Technophobia Scale [SSSR02] im Rahmen sämtlicher von der LMU im Rahmen des e-Triage Projekts durchgeführten Untersuchungen mit erhoben. Die Auswertung von derzeit 299 Fragebögen zeigt ein positives Bild, die zukünftigen Nutzer können als eher technikfreundlich (je niedriger die Werte, desto technikfreundlicher) eingeschätzt werden (siehe Abbildung 6). Auf der Skala “persönliche Niederlage”, bei der die Angst und Frustration bei der Verwendung von technischem Gerät gemessen wird, liegen die Werte im Normbereich. Auch die Messungen auf der Skala “Benutzerfreundlichkeit” zeigt, dass die Nutzer die Vorzüge bei der Nutzung der Technik sehen. Lediglich auf der Skala “Ambiguität Mensch versus Maschine” finden sich höhere Ladungen. Die Befragten, die hier höhere Werte haben, finden die Vorstellung unangenehm, dass die Maschine, das technische Gerät ihre Interaktion dominieren könnte.

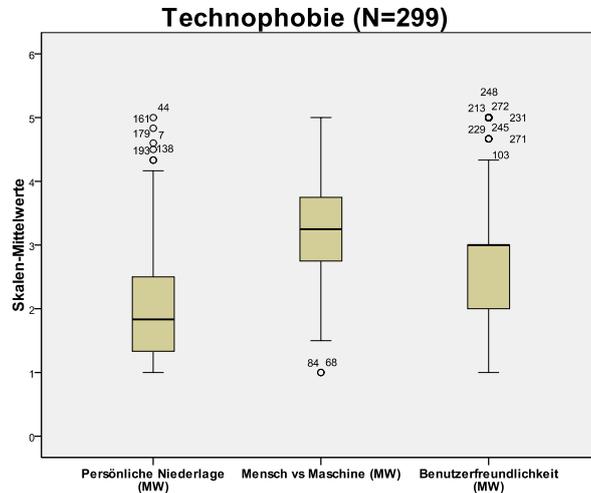


Abbildung 6: Technikeinstellung.

In den Interviews, die mit Experten, Anwendern, Nutzern, Entscheidern geführt wurden und mit GABEK® WinRelan® [ZS11] ausgewertet wurden, zeigt sich, dass die Akzeptanz von mehreren Faktoren abhängig ist. Die früheren Erfahrungen mit ähnlicher Technologie und die damit verbundenen positiven wie auch negativen Erlebnisse, der erwartete Nutzen, die Kompatibilität der Technologie sowie die Einstellung der Einsatzorganisation zu neuen Technologien spielen eine prägende Rolle [AMKK11].

3.3 Anforderungen aus der Sicht der Nutzer, Entscheider

Der Einbezug der zukünftigen Nutzer und Entscheider [GOAB04] in den Entwicklungsprozess durch Workshops, Stresstests, Erprobungen, Übungen trägt fundamental zur höheren Akzeptanz und besseren Nutzbarkeit für den spezifischen Einsatz bei. Durch Think Aloud Protokolle [BH07] wurden zukünftige Nutzer bei der Entscheidung, welche Hardware für den Demonstrator (damit wird in der e-Triage Forschung das neu zu entwickelnde Gerät bezeichnet) verwendet wird, einbezogen. Die GABEK-Auswertung von Interviews mit Nutzern eines ähnlichen Gerätes sowie einer teilrepräsentativen Gruppen von Notärzten, Organisatorischen Leitern, Rettungsassistenten, Verantwortlichen im Katastrophenschutz (in Bayern) ergeben folgende Anforderungen an die elektronische Betroffenerfassung im Katastrophenfall [Jak10, AMKK10, AMKK11]:

Einfache Handhabung: Wenig aktive Eingaben, eher Optionen auswählen; schnelle Wahrnehmung (keine visuelle Suche), Installation des Senders muss sehr schnell gehen und einfach sein, One-Button System.

Handhabung im Einsatzgeschehen: Bedienung mit Handschuhen, robustes System (Sonne, Wasser, Sand, Kälte), eigene Benutzeroberflächen und Benutzerhierarchien gemäß der Einsatzorganisation, einfache und nachvollziehbare Nutzerregelungen.

Datenmanagement: Daten sollen in Echtzeit den unterschiedlichen Beteiligten vor Ort, in der Leitstelle, im Krankenhaus zur Verfügung stehen; Datenübermittlung soll angezeigt werden; beim Wiederaufnahme der Arbeit soll auf den aktuellen Datensatz zugegriffen werden können.

Datensicherheit: Datenaustausch der sensiblen Patientendaten zwischen den Rettungskräften, Einsatzleitungen, Leitstelle, Krankenhäusern muss untereinander abgesichert sein; der Zugriff auf die Daten von fremden Personen muss verhindert werden.

Zuverlässigkeit der Technik: Das System muss stabil laufen; Backup Möglichkeiten gewünscht; Synchronisation; hohe Akkulaufzeit.

Die neue Technologie sollte für den Nutzer eine Verbesserung/Qualitätssteigerung mit sich bringen und mit der bisherigen verwendeten Methode kompatibel sein [KE00]. Auf Grundlage des vor Ort meist verwendeten Triagesystems (mSTaRT) wurde die Benutzeroberfläche entwickelt und getestet.

Da die Informationsverarbeitung bei der Triagierung in der Regel bei MANVs und damit unter Stress erfolgt, ist zu beachten, dass neben dem Langzeitgedächtnis auch das Arbeitsgedächtnis stark beeinträchtigt ist. Visuelle Suchprozesse sind verlangsamt und eine Leistungsminderung wird z.T. über eine gesteigerte Anstrengung abgefangen.

3.4 Erprobung “Stresstest”

Um den Demonstrator unter diesen “stressreichen” Umständen zu testen, wurde eine Erprobung unter Stressbedingungen geplant und durchgeführt. Dabei wurden in einem realitätsnahen Test, 12 Sichtungsteams (6 mit Gerät und 6 ohne Gerät) in einer Versuchsstrecke mit unterschiedlichen Szenarien (Tank, Gitterkäfig, Wohnraum) unter kontrollierten Umgebungsbedingungen (Lärm, Dunkelheit, Sonne) hinsichtlich ihres Umgangs mit der neuen Technologie sowie ihrer Stressbeanspruchung getestet. Die Erhebung erfolgte mittels qualitativer (z.B. Interviews, Videobeobachtung, Beobachtung) als auch quantitativer Daten (z.B. Fragebögen). Außerdem wurden physiologische Parameter wie z. B. Cortisol, Herzfrequenz, Hautleitwiderstand gemessen. Die Ergebnisse bzgl. der ergonomischen Eigenschaften [KGTMA09]⁵ zeigen, dass die Anforderungen an die Technologie weitgehend erfüllt werden konnten. Die Lesbarkeit der Symbole, das Display, die Bedienbarkeit, die Software und Hilfsfunktionen werden überwiegend positiv beurteilt. 83,3% stimmen zu, dass sie dieses Produkt effektiv nutzen können, ohne viel lernen zu müssen, obwohl sie ein vergleichbares Produkt vorher nicht mehrfach bedient haben. Die Messungen der aktuellen Beanspruchungen [MB93] mittels Kurzfragebogen zur aktuellen Beanspruchung (KAB)

⁵Der verwendete Fragebogen wurde von [KGTMA09] auf Grundlage des System Usability Scale (SUS) von [Bro96] entwickelt. Der SUS wird vielfach in der Industrie zur Usability-Evaluation verwendet.

zeigt, dass bei beiden gemessenen Gruppen (mit und ohne Gerät) ein Anspannungsniveau vor der Erprobung bestand und dieses nach der Erprobung sinkt (Abbildung 7). In den in der Technophobiascale erhobenen Daten zeigt sich ein Zusammenhang zwischen der im KAB wahrgenommenen Beanspruchung im Umgang mit dem Gerät und den Kontrollüberzeugungen (Kontrollerwartungen über die Beherrschung eines technischen Geräts). Folgende Interaktionseffekte sind zu erkennen: Fast deckungsgleicher Verlauf der Kurven der Skala "Benutzerfreundlichkeit hoch" im Vergleich Gerät ja/nein von 2,6 auf 1,9; bei niedriger "Benutzerfreundlichkeit" steigt die Gerätegruppe von Mittelwert 2,03 auf 2,55. Die Kurve bei "wahrgenommener Beanspruchung" sinkt bei hoher Ausprägung von Mittelwert 2,8 auf 2,5. Die positive eigene Einschätzung/Vorerwartung der Teilgruppe "Gerätenutzer" in Bezug auf die Nutzung und die erlebte wahrgenommene Beanspruchung (durch den Ablauf im Stresstest, das Gerät selbst) führt zu Reaktanz. Die Messung im KAB nachher im Vergleich vorher fällt weniger stark als bei den unvoreingenommenen nicht-Geräte- Nutzern aus. Die Technikeinstellung moderiert die wahrgenommene Beanspruchung.

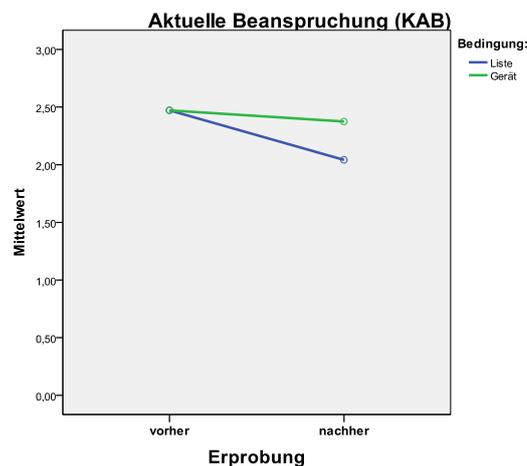


Abbildung 7: Aktuelle Beanspruchung mit und ohne Gerät.

Die Messung der Triagezeit ergibt, dass die Teams, die papierbasiert die Triagierungen im Rahmen der Erprobung durchführten, 9,8 s schneller waren als die Teams mit dem Demonstrator. Dieses Ergebnisse können positiv bewertet werden. Die Teams, die den Demonstrator verwendeten, hatten lediglich eine technische Einweisung. Für die Nutzung der VAK wurden Schulungen (mindestens eintägig) vor der Erprobung durchgeführt. Somit konnten trotz der noch nicht in die Routine eingegangenen Nutzung der e-Triage Technologie bessere Werte als bei [NK07], bei dem ein Unterschied von 13 s festgestellt wurde, erzielt werden. Die Messungen im Rahmen der Erprobungen betreffen nur einen Teilaspekt des gesamten Katastropheneinsatzgeschehen – das Sichtungsteam. Die Auswirkungen auf das veränderte geteilte Situationsbewusstsein und die Kommunikationsstruktur wurden hier nicht erhoben.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Anforderungen an ein elektronisches Erfassungssystem für Verletzte und Betroffene sind vielfältig und können nicht komplett in einem Forschungsprojekt abgedeckt werden. Grundvoraussetzungen für einen tatsächlichen Einsatz sind im Wesentlichen Anwenderfreundlichkeit, Robustheit und Skalierbarkeit. Das vorgestellte Konzept eines verteilten Datenbanksystems verwendet frei verfügbare Software und die notwendige Kommunikationsinfrastruktur kann im einfachsten Fall aus kostengünstigen IT-Komponenten aufgebaut werden.

Die ersten Ergebnisse der Akzeptanzforschung zeigen, dass die elektronische Registrierung den Rettungskräften direkt zu Gute kommt, da das Anspannungsniveau gesenkt wird. Im Mittel mussten zwar ca. 10 s mehr Zeit für die Sichtung und Registrierung eines Verletzten aufgewendet werden, was allerdings in Anbetracht der sehr kurzen Geräteeinweisung und der ersten Version der GUI kein schlechtes Ergebnis ist.

Wir danken allen beteiligten Anwendern für die kontinuierliche Beratung und Unterstützung im Projekt. Das e-Triage Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Sicherheitsforschungsprogramms gefördert.

Literatur

- [AKGM⁺11] Christine Adler, Marion Krüsmann, Thomas Greiner-Mai, Anton Donner, Javier Mulero Chaves und Angels Via Estrem. IT-Supported Management of Mass Casualty Incidents: The e-Triage Project. In *Proceedings International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM)*, Lisbon, Portugal, Mai 2011.
- [AMKK10] Christine Adler, Anton Metz, Michaela Kühling und Marion Krüsmann. Projekt e-Triage. Zwischenbericht 2009. FKZ 13N10541, Ludwig Maximilians Universität, München, 2010. http://www.psy.lmu.de/e-triage/downloads/berichte/zwischenbericht_2009.pdf.
- [AMKK11] Christine Adler, Anton Metz, Michaela Kühling und Marion Krüsmann. Projekt e-Triage. Zwischenbericht 2010. FKZ 13N10541, Ludwig Maximilians Universität, München, 2011. http://www.psy.lmu.de/e-triage/downloads/berichte/zwischenbericht_2010.pdf.
- [BH07] Renate Buber und Hartmut H. Holzmüller. *Qualitative Marktforschung*. Gabler, Wiesbaden, 2007.
- [Bro96] John Brooke. System Usability Scale (SUS). In Patrick W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester und A. L. McClelland, Hrsg., *Usability Evaluation in Industry*. Taylor & Francis, London, 1996.
- [EG00] Mica R. Endsley und Daniel J. Garland, Hrsg. *Situation Awareness Analysis and Measurement*. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, New Jersey, USA, 2000.
- [End95] Mica R. Endsley. Measurement of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 37(1):65–84, 1995.

- [GMD10] Thomas Greiner-Mai und Anton Donner. Data Management in Mass Casualty Incidents: The e-Triage Project. In *Proceedings INFORMATIK 2010 - Workshop zur IT-Unterstützung von Rettungskräften*, Seiten 200–206, Leipzig, Germany, September 2010. Gesellschaft für Informatik e.V.
- [GOAB04] Johannes Gadner, Doris Ohnesorge, Christine Adler und Renate Buber. *Fortschritte in der Wissensorganisation, Bd. 8 (FW-8). Wissensorganisation in kooperativen Lern- und Arbeitsumgebungen. Proceedings der 8. Tagung der deutschen Sektion der internationalen Gesellschaft für Wissensorganisation, Regensburg 9.-11. Oktober 2002*, Kapitel Repräsentation und Organisation von Wissen zur Entscheidungsunterstützung im Management, Seiten 175–186. ERGON Verlag, Würzburg, 2004.
- [Jak10] Lisa Jakob. Die Einstellung von Rettungskräften bei der Anwendung von neuen Technologien zur elektronischen Triagierung von Patienten. Eine GABEK-Analyse. Diplomarbeit, Ludwig Maximilians Universität, München, 2010.
- [KE00] Alan Kai-ming Au und Peter Enderwick. A cognitive model on attitude towards technology adoption. *Journal of Managerial Psychology*, 15(4):266–282, 2000.
- [KGTMA09] André Klußman, Hansjürgen Gebhardt, Martin Topel und Heiner W. Müller-Arnecke. *Optimierung der ergonomischen Eigenschaften von Produkten für ältere Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer – Gestaltung und Design*. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund, Germany, 1st. Auflage, 2009.
- [KHK⁺06] K. G. Kanz, P. Hornburger, M. V. Kay, W. Mutschler und W. Schäuble. mStART-Algorithmus für Sichtung, Behandlung und Transport bei einem Massenansturm von Verletzten. *Notfall + Rettungsmedizin*, 9(3):264–270, Mai 2006.
- [KPB⁺08] Kelly R. Klein, Paul E. Pepe, Frederick M. Burkle Jr, Nanci E. Nagel und Raymond E. Swinton. Evolving Need for Alternative Triage Management in Public Health Emergencies: A Hurricane Katrina Case Study. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 2:40–44, 2008. supplement 1.
- [MB93] Bringfried Müller und Heinz-Dieter Basler. *Kurzfragebogen zur aktuellen Beanspruchung (KAB)*. Hogrefe, Göttingen, 1993.
- [MGW⁺06] Tammara Massey, Tia Gao, Matt Welsh, Jonathan H. Sharp und Majid Sarrafzadeh. The Design of a Decentralized Electronic Triage System. In *American Medical Informatics Association (AMIA) Annual Symposium Proceedings*, Seiten 544–548, 2006. PMID: PMC1839501.
- [NK07] Simon Nestler und Gudrun Klinker. Using mobile hand-held computers in disasters. In *Proceedings UbiComp Workshop on Interaction with Ubiquitous Wellness and Healthcare Applications (UbiWell)*, Innsbruck, Österreich, 2007.
- [SSSR02] Rudolph R. Sinkovics, Barbara Stöttinger, Bodo B. Schlegelmilch und Sundaresan Ram. Reluctance to Use Technology-Related Products: Development of a Technophobia Scale. *Thunderbird International Business Review*, 44(4):477–494, Juli–August 2002.
- [Str01] Redden E. Strickland. *Measuring and Understanding Individual Differences in the Situation Awareness of Workers in High-Intensity Jobs*. Dissertation, Auburn University, Auburn, Alabama, USA, 2001.
- [ZS11] Josef Zelger und J. Schönegger. GABEK WinRelan Ganzheitliche Bewältigung von Komplexität: Ein PC-unterstütztes Verfahren zur Wissensorganisation, 1994–2011.