

Menschzentrierte Entwicklung einer VR-Simulation für das Training von Notfällen mit vielen Verletzten

Henrik Berndt¹, Tilo Mentler¹ und Michael Herczeg¹

Abstract: Notfälle mit vielen Verletzten sind eine große Herausforderung für Rettungsdienste, insbesondere weil viele Einsatzkräfte wenig Erfahrungen und Routine damit haben. Einerseits treten sie selten auf, andererseits sind sie aktuell nur mit hohem Aufwand oder großen Einschränkungen trainierbar. Virtual-Reality-Simulationen für das Training können geeignet sein, um die Trainingslücke zu schließen, sofern ihre Gebrauchstauglichkeit und Immersivität gewährleistet wird. In diesem Beitrag wird die Entwicklung einer solchen Simulation in einem menschzentrierten Entwicklungsprozess erläutert. Dabei wird das Vorgehensmodell so gewählt, dass die speziellen Charakteristika von Aus- und Weiterbildungskontexten berücksichtigt werden. So weisen etwa die Trainierenden als Benutzergruppe nicht die nötige Fachexpertise für die Spezifizierung des Nutzungskontexts sowie für formative Evaluationen auf, da sie diese erst durch das Training praktisch erlernen und üben müssen. Aufbauend auf den erlangten Ergebnissen gibt der Beitrag Erkenntnisse für die menschzentrierte Entwicklung in Trainingskontexten.

Abstract (engl.): Mass casualty incidents pose a great challenge for emergency medical services, especially as many emergency personnel have little experience and routine relating to them. On the one hand, there is a rare occurrence and on the other hand, possibilities for training are restricted and have a large organizational effort. Virtual reality training simulations could close a gap in training, if usability and immersion are ensured. In this contribution, the human-centered development of such a simulation is explained. The chosen development process model considers the special characteristics of vocational and continuing education and training. For instance, the user group of trainees eventually does not have expert knowledge for the analysis of the context as this shall be acquired by the training. Based on the findings, the authors conclude on the use of human-centered development processes in the context of trainings.

Keywords: Massenanfall von Verletzten, MANV, Virtual-Reality-Trainingssimulation, Menschzentrierte Entwicklung, Triage.

1 Einleitung

Notfälle mit vielen Verletzten („Massenanfälle von Verletzten“ nach DIN 13050:2015, [DI15]) können durch verschiedene Ursachen (z.B. Bahnunfall, Großbrand, Terroranschlag) entstehen und von einer einstelligen Anzahl bis hin zu mehreren hundert Betroffenen reichen. Speziell bei größeren Notfallereignissen lassen sich spezifische Charakteristika wie eine anfängliche Knappheit an Rettungsmitteln und später eine hohe

¹ Universität zu Lübeck, Institut für Multimediale und Interaktive Systeme (IMIS), Ratzeburger Allee 160, 23562 Lübeck, {berndt, mentler, herczeg}@imis.uni-luebeck.de

Komplexität aufgrund vieler Akteure und Aufgaben sowie der Einbeziehung verschieden aufgestellter Organisationen wie Rettungsdienst und Katastrophenschutz beobachten.

Besonders entscheidend für den Einsatzablauf sind die ersten Maßnahmen am Notfallort. Dazu gehört insbesondere die Vorsichtung (Triage), bei der alle Verletzten kategorisiert werden müssen, um die weitere Behandlung koordinieren zu können. Zur Vorsichtung gehören des Weiteren bestimmte schnelle lebensrettende Behandlungsmaßnahmen. Sie muss als eine der ersten Maßnahmen erfolgen und daher - zumindest in ländlichen Bereichen mit langen Anfahrtszeiten - durch das zuerst am Einsatzort eintreffende Rettungsdienstpersonal durchgeführt werden. Die Aufgabe der Vorsichtung ist herausfordernd, da Notfälle mit vielen Verletzten selten sind und die Vorgehensweisen von der Routine abweichen [He11]. So sind bei der Vorsichtung

- eine schnelle Untersuchung mitsamt Entscheidung über die Priorität,
- eine Unterlassung langwieriger Behandlungsmaßnahmen
- sowie eine andere Dokumentationsform notwendig.

Dementsprechend sind Erfahrungen aus dem Individualnotfall nur begrenzt übertragbar. Gleichzeitig ist die Vorsichtung als in höchstem Maße missionskritisch einzustufen und muss daher möglichst effektiv und effizient erfolgen. Es ist also notwendig, dass das Rettungspersonal diese erlernt und ausreichend trainiert.

Für das Training könnten sich Virtual-Reality (VR)-Trainingssimulationen eignen. Dafür müssen Sie Lernerfolge ermöglichen und tatsächlich genutzt werden, wobei in Bezug auf die Nutzung vor allem Gebrauchstauglichkeit und Akzeptanz der Anwendung entscheidend sind. Daher sollten bei der Entwicklung die besonderen Charakteristika des Kontexts analysiert und die Benutzer einbezogen werden. In diesem Beitrag liegt der Fokus vor allem auf der Sicherstellung der Gebrauchstauglichkeit, Immersion und Präsenz bei der Entwicklung einer VR-Trainingssimulation für die Vorsichtung. Zur Einordnung beschreiben wir im folgenden Kapitel aktuelle Trainingsformen. Dann stellen wir Annahmen für die Entwicklung auf und leiten Zielgruppen ab. Anschließend stellen wir ein für den Kontext optimiertes menschenzentriertes Vorgehensmodell für die Entwicklung vor, beschreiben und diskutieren Erkenntnisse und geben einen Ausblick.

2 Aktuelle Trainingsformen

Seit weit über 100 Jahren wird mit Großübungen für Notfälle mit vielen Verletzten geübt. In dieser Trainingsform werden Verletztendarsteller möglichst realitätsnah geschminkt oder lediglich markiert und dann für ein geplantes Szenario (zum Beispiel einen Bahnunfall) in der realen Umgebung platziert. Diese müssen dann im Rahmen der Übung von den Einsatzkräften (vor)gesichtet, behandelt und in ein Krankenhaus transportiert werden, wobei auch ein Ausschnitt dieser Aufgaben geübt werden kann.

Ein wesentliches Problem von Großübungen ist, dass sie nur mit großem Aufwand und hohen Kosten und damit selten durchgeführt werden können [Sa16]. So bezifferte der Landrat des Kreises Steinburg 2017 die Kosten für eine Übung mit 242 Laiendarstellern und insgesamt über 1.500 Aktiven auf rund 75.000 Euro [Ru17].

Eine Alternative stellen papierbasierte Simulationen wie die „Dynamische Patienten Simulation“ dar [Br12]. Bei dieser werden die Verletzten durch Papierkarten simuliert, auf denen Verletzungen und Vitalwerte notiert sind. Die Übenden müssen Behandlungen durch Aufkleben von Papierstickern sowie Abwarten einer für die Behandlung festgelegten Zeit simulieren. Die Übung erfolgt in zeitlichen Phasen, der Zustand der Verletzten kann sich nach definierten Kriterien im Verlauf der Übung ändern.

2.1 Training und Lernen in der Großübung

Großübungen ermöglichen es den Einsatzkräften, in einem realitätsnahen Kontext zu üben. Bei genauerer Betrachtung fallen zusätzlich zum hohen Aufwand und den Kosten allerdings gravierende Einschränkungen auf, die für das Lernen hinderlich sein können:

- **kein realitätsnaher Zerstörungsgrad darstellbar:** Bei großen Notfällen ist oft mit zerstörten Umgebungen zu rechnen. So weisen etwa Bahnunfälle wie der ICE-Unfall von Eschede 1998 entgleiste und ineinandergeschobene Waggons auf. In Übungen kann zumeist jedoch nur mit intakten Zügen geübt werden. Wenn eine Zerstörung der Gegenstände möglich ist (z.B. zu verschrottende Fahrzeuge), kommt als Einschränkung zum Tragen, dass die Sicherheit der Übenden und der Verletztendarsteller gewährleistet sein muss. Daher können zum Beispiel verschüttete oder eingeklemmte Verletzte nicht realitätsnah simuliert werden.
- **Beschränkungen der Verletztendarstellung:** Während vor allem äußere Verletzungen und Anzeichen geschminkt werden können, sind Vitalwerte wie der Puls oder der Blutdruck nicht simulierbar. Spätere Zustandsänderungen sind kaum möglich, etwa Veränderungen in der Hautfärbung. Ein wesentlicher Faktor ist die Erfahrung der Verletztendarsteller, damit sich diese realistisch verhalten, indem sie schreien, Schmerzen ausdrücken und den Vorfall realistisch schildern können.
- **abweichendes Verhalten bei Übungen:** Selbst bei unangekündigten Großübungen stellen die Rettungskräfte in aller Regel schnell fest, dass es sich um eine Übung handelt; entweder schon bei der Anfahrt aufgrund von Absperrungen oder Beobachtern, oder spätestens beim Kontakt mit den Verletztendarstellern. Teilweise wird dann vom Vorgehen für den echten Notfall abgewichen, sei es um Aufwand zu sparen (z.B. da Zelte nach der Übung noch einmal zum Trocknen aufgestellt werden müssten), aufgrund fehlender Motivation oder weil sich Maßnahmen bei den Verletztendarstellern nur begrenzt durchführen lassen.
- **unrealistische Zeitabläufe und Wetterfaktoren:** Verletztendarsteller werden oft Stunden vor der Übung eingewiesen und geschminkt, da die Organisation

aufwändig und zeitintensiv ist. Analog dazu treffen sich bei Übungen auch die Rettungskräfte oftmals sehr früh und müssen daher längere Zeit auf den Einsatz warten. Insbesondere bei kaltem oder regnerischem Wetter kann die Motivation bei beiden Personengruppen schnell sinken. Aufgrund von Wetterfaktoren und der langen Abläufe kann es zudem nötig werden, die Verletztendarsteller beispielsweise mit Zelten zu schützen, was wiederum den Realismus stört.

- **nicht alle Aufgaben sind von jedem trainierbar:** Viele missionskritische Aufgaben wie die Vorsichtung betreffen bei Notfällen mit vielen Verletzten nur die ersteintreffenden Rettungskräfte und können daher nur von wenigen geübt werden. So sagte uns ein Lehrender: „*Vorsichtung [...] machen ja eigentlich die, die als erstes oder als zweites an der Einsatzstelle ankommen und das ist bei so einer Übung natürlich nur ein Team oder zwei*“.
- **fehlende individuelle Auswertung:** Großübungen werden oft vor allem bezogen auf das Gesamtergebnis ausgewertet, eine individuelle Auswertung fehlt nach Erfahrung der Autoren meistens weitgehend. Auch Sautter und andere haben in Bezug auf eine Übung festgestellt, dass „*zahlreiche Fehler bei Vorsichtung und Sichtung*“ im ersten Durchlauf einer Übung nicht kommuniziert werden konnten und es im zweiten Durchlauf keine Verbesserung gab [Sa16].

Diese Einschränkungen sind aus Sicht der Autoren typisch für Großübungen. Einige können adressiert werden, allerdings zumeist mit zusätzlichem Aufwand oder Kosten. So gibt es beispielsweise Ansätze für mehr individuelle Auswertung [Sa16].

2.2 Training und Lernen in der papierbasierten Simulation

Der wesentliche Nachteil papierbasierter Simulationen ist darin zu sehen, dass sie wenig Realismus aufweisen. Laut Kurzbeschreibung der „Dynamischen Patienten Simulation“ [Br12] stehen „*die Medizin, die medizinischen Maßnahmen und Entscheidungen unter Zeitdruck im Vordergrund*“. Durch die Anzahl an Aufklebern für Behandlungen soll die Verfügbarkeit des Materials simuliert werden. Zeitdruck und Stress werden gemäß Konzept dadurch erzeugt, dass die Übenden bei lange andauernden Aktionen für eine vorgegebene Zeit abwarten sollen. Im Gegensatz zu echten Notfällen haben sie in dieser Zeit keine Aufgabe, auf die sie sich konzentrieren müssen und können damit in Ruhe weitere Aktionen planen. Die Wartezeit ließe sich füllen, indem beispielsweise Verbände an einer Puppe angelegt werden müssen oder fachfremde Aufgaben zu erledigen sind. Dabei steigt allerdings einerseits der Aufwand, andererseits ist die Akzeptanz fraglich.

In Bezug auf die Maßnahmen kann mit den Aufklebern geprüft werden, ob die richtigen Maßnahmen zur richtigen Zeit erfolgt sind. In der Simulation wird dabei erwartet, dass bei den Instrumenten eine an den Verletzten angepasste Größe gewählt wird [Br12]. Lässt man die simulierte Materialknappheit außer Acht, erscheint die Sinnhaftigkeit der Größenauswahl fraglich, da bei den Papierkarten die erforderliche Ermittlung der korrekten Größe nur abstrakt durch Ablesen anstatt durch eine Aktion erfolgen kann.

3 Annahmen zur Eignung von VR-Trainingssimulationen

VR-Trainingssimulationen eignen sich grundsätzlich vor allem für Aufgaben, bei denen das Training im eigentlichen Nutzungskontext nicht oder nur begrenzt möglich ist, beispielsweise aufgrund der Kosten oder aufgrund von Gefahren [E116]. Wie in Abschnitt 2 festgestellt, lassen sich diese Kriterien bei Notfällen mit vielen Verletzten wiederfinden. So ist die Großübung als realitätsnahe Trainingsform organisatorisch aufwändig und teuer und daher nur selten durchführbar; hingegen bietet die papierbasierte Simulation wenig Realismus. Eine VR-Trainingssimulation könnte eventuell Abhilfe schaffen und insbesondere häufiges Training sowie eine für das Lernen wichtige individuelle Auswertung mit realitätsnahem Training verbinden. Sie würde damit die aktuellen Trainingsformen sinnvoll ergänzen. Die VR-Trainingssimulation müsste allerdings nicht zwangsläufig den gesamten, sehr komplexen Prozess beinhalten, wenn sie auf gut definierbare Aspekte, wie die Vorsichtung, fokussiert ist. Des Weiteren könnte sie auch Lösungen für weitere der in den Abschnitten 2.1 und 2.2 genannten Einschränkungen bieten. So wäre ein realitätsnaher Zerstörungsgrad ohne Gefahren für den Übenden simulierbar und die – dann virtuellen – Verletzendarsteller könnten alle Arten von Verletzungen erhalten.

Die Idee, VR-Trainingssimulationen im Kontext des Rettungsdienstes einzusetzen, ist nicht neu. Sowohl zu Systemen mit Head-Mounted-Displays, als auch mit CAVEs, (Räumen mit Bildschirmen an allen Wänden), gab es bereits Forschungsprojekte [An10, Vi08, Wi08]. Diese zeigen Vorteile des Trainings mit Virtual-Reality-Technologie gegenüber Standardbildschirmen, was in Bezug auf das Lernen auch das Ergebnis einer Literaturstudie von Elvestad ist: „*There is strong evidence for that Virtual reality is a good platform to facilitate learning for the individual*“ [E116]. Eine wesentliche Einschränkung früherer VR-Systeme war, dass die verwendete Technologie noch nicht auf dem Konsumentenmarkt verfügbar gewesen ist und es sich dabei zumeist um teure Speziallösungen gehandelt hat. Inzwischen gibt es preiswerte marktreife VR-Brillen (z.B. Oculus Rift, HTC Vive). Kombiniert mit aktueller Computerspieltechnologie erscheint es möglich, VR-Trainingssimulationen zu entwickeln, die nicht nur einen akzeptablen Kostenrahmen haben, sondern sich auch bezüglich des Aufbaus, der Einrichtung und der Wartung für den Realeinsatz eignen. Interesse an VR-Trainingssimulationen als erstes Indiz für die Akzeptanz besteht im Rettungsdienst durchaus, wie die Autoren in Gesprächen mit Lehrenden von Rettungsdienstschulen und Leitungs- und Einsatzkräften des Rettungsdienstes erfahren haben.

4 Allgemeine Herausforderungen und Anforderungen

Die Entwicklung von VR-Trainingssimulationen ist eine Herausforderung. In Bezug auf die aktuellen Trainingsformen und die Eignung von VR-Trainingssimulationen wurde in Abschnitt 2 und 3 der Realismusgrad als wichtiges Merkmal genannt. Betrachtet man diesen Aspekt genauer, stellt man allerdings fest, dass Trainingssimulationen für ein

effektives Training eher ein ausreichendes Präsenzgefühl beim Benutzer erzeugen sollten, schon früh treffend beschrieben von Minsky (dort noch als Telepräsenz) als „*that sense of being there*“ [Mi80]. Insbesondere Immersion ist eine dafür notwendige Eigenschaft, indem sie angibt, wie umfassend die Sinnesempfindung der realen Welt durch die der virtuellen Umgebung ersetzt worden ist [Me05, WS98]. Prinzipiell muss also eine Trainingsumsetzung nicht durchgängig realistisch sein, sollte aber eine möglichst hohe Immersion und Präsenz bieten. Aktuelle Virtual-Reality-Hardware wirkt vor allem in Bezug auf den visuellen Sinn, indem der Benutzer die virtuelle Welt sieht und darin seinen Blickwinkel beliebig verändern kann, ohne die reale Welt visuell wahrzunehmen. Dadurch entsteht bereits auf technischer Basis Immersion.

Eine größere Herausforderung ist die Berücksichtigung der Immersion bei der Konzeption und Gestaltung der Software für die VR-Trainingssimulation. Besonders die Umsetzung der Interaktion ist ein kritischer Punkt. So ist etwa noch weitgehend unklar, wie das Laufen weiter Strecken gestaltet werden kann [LKK17], und um Objekte und Elemente der Spielwelt möglichst immersiv berühren und benutzen zu können (z.B. für Behandlungsmaßnahmen), ist sowohl die Erkennung der Handpositionierung, als auch der Handbewegung (z.B. Greifen) notwendig. Aktuelle Eingabegeräte für VR-Systeme stellen eine Annäherung an natürliche Gesten dar, aber selbst bei einer Gestenerkennung, sofern ausreichend genau realisierbar, würde zumindest das haptische Feedback fehlen.

Damit neben der Immersion und Präsenz auch die Interaktion zwischen dem Menschen und dem System funktioniert, muss eine gebrauchstaugliche Lösung gefunden werden (siehe Abschnitt 1). Die Gebrauchstauglichkeit definiert das „*Ausmaß, in dem ein Produkt durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen*“ [DI99]. Zur Entwicklung gebrauchstauglicher Systeme im Kontext software-ergonomischer Methoden ist in DIN EN ISO 9241-210:2011 der menschenzentrierte Gestaltungsprozess beschrieben [DI11, He18]. Dieser ist dadurch charakterisiert, dass er Evaluationen der gefundenen Gestaltungslösungen vorsieht und Iterationen fordert, wenn die Ergebnisse dies notwendig erscheinen lassen. Um evaluieren zu können, müssen jedoch vorab die Zielgruppen und Anwendungsfälle geklärt werden.

5 Zielgruppen für die VR-Trainingssimulation

Die Zielgruppen für die Trainingssimulation lassen sich allgemein abstrahieren auf Trainierende, welche die eigentlichen Benutzer der Trainingssimulation sind, und Trainer beziehungsweise Lehrende. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Trainer auch die derzeitigen Trainingsformen leiten und planen, also Erfahrung mit Lernen und Training für Notfälle mit vielen Verletzten haben. Es lassen sich drei Anwendungsszenarien für die Trainierenden identifizieren:

1. **Berufsausbildung (primäre Zielgruppe):** Das Verhalten bei Notfällen mit vielen Verletzten wird in Theorie und Praxis in Rettungsdienstschulen ausgebildet und trainiert. An der Rettungsdienstschule installierte VR-Trainingssimulationen würden es ermöglichen, die Trainingsfrequenz zu erhöhen und die aktuellen Trainingsmethoden (siehe Abschnitt 2) zu ergänzen. Die Auswertung könnte teilautomatisiert oder durch einen Beobachter erfolgen.
2. **Organisierte Fortbildung (sekundäre Zielgruppe):** In vielen Bundesländern ist eine Fortbildung des Rettungsdienstpersonals vorgeschrieben, beispielsweise in Schleswig-Holstein mindestens 30 Stunden. Ein typisches Fortbildungsthema ist der Notfall mit vielen Verletzten. Die Nutzung in der Fortbildung könnte analog zur bereits beschriebenen Nutzung in der Berufsausbildung erfolgen.
3. **Selbst initiiertes Training (tertiäre Zielgruppe):** Systeme in Rettungswachen könnten in Wartezeiten und zwischen Einsätzen genutzt werden. Anreize, wie ein Anerkennungssystem oder Gamification-Ansätze wären möglich und die Auswertung könnte automatisch oder aus der Ferne durch Experten erfolgen.

In allen Gruppen kann ein Trainingsbedarf festgestellt werden, da die Vorsichtung in der Realität eine seltene Aufgabe ist und sich die Vorgehensweisen von Zeit zu Zeit ändern.

6 Vorgehensmodell für die Entwicklung

Der menschzentrierte Gestaltungsprozess soll die Benutzer des Systems, aber auch andere Stakeholder einbeziehen [DI11]. In den meisten Kontexten kennen die Benutzer die Aufgaben und Bedingungen gut, selbst wenn diese zum Entwicklungszeitpunkt noch ohne Systemunterstützung erledigt werden. Sie können also als Experten angesehen werden, während die anderen Stakeholder eher Aspekte organisatorischer Art oder gewünschte Prozesseigenschaften einbringen können. Mit den Trainierenden als späteren Benutzern sowie Usability-Experten können dementsprechend Evaluationen in Bezug auf die Immersion und Präsenz sowie die Gebrauchstauglichkeit durchgeführt werden. Im Trainingskontext besteht jedoch die Schwierigkeit, dass die Bewertung der Gebrauchstauglichkeitskriterien Effektivität, Effizienz und Zufriedenstellung in Bezug auf die Ziele (siehe Abschnitt 4) nicht ausreichend ist, sondern vor allem auch eine fachlich korrekte Vorgehensweise (z.B. gemäß einem gelehrten Algorithmus) möglich sein muss. Es kann nicht angenommen werden, dass die Trainierenden die fachliche Korrektheit ausreichend bewerten können, da sie diese durch das Training erst praktisch erlernen oder üben. Evaluationsverfahren mit Usability-Experten weisen das gleiche Problem auf: So berücksichtigt zwar etwa die Methode des „Cognitive Walkthrough“ [u.a. Wh94] auch ungeübte Benutzer, indem sich Usability-Experten in den Benutzer hineinversetzen und die Aufgabe auf einem für den Benutzer vermuteten Weg lösen, zum Beispiel dem des geringsten kognitiven Aufwands. Offensichtlich kann mit dem Ansatz ebenfalls nicht bewertet werden, ob ein fachlich korrektes Training möglich ist.

7 Anwendung des Vorgehensmodells

Wir haben unter Nutzung des Vorgehensmodells eine VR-Trainingssimulation auf Basis der Oculus Rift entwickelt. Die Analysen zum Verständnis des Nutzungskontexts sind bereits in vorherigen Projekten zur Vorsichtung in Notfällen mit vielen Verletzten erfolgt [u.a. BMH15]. Die Nutzungsanforderungen und erste einfache Paper-Mockups wurden daher lediglich mit einem Lehrenden einer Rettungsdienstschule verifiziert. Ohne die Vorerfahrung wäre in dieser Phase wesentlich mehr Aufwand notwendig. Die Evaluationen mit Usability-Experten konnten institutsintern mit Mitarbeitern und Studierenden eines entsprechenden Studiengangs realisiert werden. So konnten die Ergebnisse direkt wieder in die Gestaltungslösungen einfließen. In einer ersten Iteration wurde ein grundlegendes System entwickelt und evaluiert, für die Evaluation mit Trainern standen drei Lehrende einer Rettungsdienstschule zur Verfügung. In einer zweiten Iteration wurden dann auf Basis der Erkenntnisse der ersten Iteration vor allem die Immersion und Präsenz verbessert, wofür auch die Interaktion grundlegend geändert wurde. Diese Iteration wurde schließlich mit drei weiteren Lehrenden (andere als in der ersten Iteration) evaluiert. Die Ergebnisse, die insbesondere Probleme bei der Interaktion aufzeigten, sind in eine dritte Iteration eingeflossen. In der dritten Iteration wurde zwar weiterhin auch mit institutsinternen Usability-Experten evaluiert, danach aber direkt eine summative Evaluation mit Trainierenden durchgeführt. Die laut Vorgehensmodell dazwischenliegende Evaluation mit Trainern war aus Zeitgründen nicht durchführbar, da sie die summative Evaluation gefährdet hätte. Vor dem Hintergrund wurde sie als nicht unbedingt notwendig angesehen, auch da in der Evaluation der zweiten Iteration vor allem in Bezug auf die Interaktion in der Simulation Optimierungsbedarf gesehen wurde, während keine größeren fachlichen Probleme erkannt wurden.

Im Gesamtprozess ist eine VR-Trainingssimulation entstanden, die in Abbildung 2 zu sehen ist. In dieser startet der Trainierende neben einem Rettungswagen und blickt in Richtung eines Verkehrsunfalls oder eines entgleisten Zugs mit mehreren Verletzten. Während die in der ersten Iteration entwickelte Grundsimulation noch mit dem Controller im Sitzen bedient wurde, ist seit der zweiten Iteration die Bewegung in einem Raum von ungefähr 2,5 x 2,5 Metern mitsamt Hinknien und der Durchführung der eigentlichen Behandlung so gestaltet, dass die Bewegungen der Trainierenden in die virtuelle Umgebung übernommen werden. Die Erkennung erfolgt dabei durch das Tracking-System der Oculus Rift, für die Hände mittels Oculus Touch-Controllern. Für längere Distanzen und das Erreichen der Verletzten muss sich der Trainierende an den jeweiligen Ort teleportieren. Ein Beispiel für die iterative Entwicklung ist die Behandlung der Verletzten. Während die Behandlungsoptionen in der ersten Iteration in einem Menü dargestellt wurden, wird ab der zweiten Iteration eine Notfalltasche genutzt, aus der die für die Maßnahmen notwendigen Gegenstände entnommen werden und an den Verletzten gehalten werden müssen. In den Zwischenevaluationen haben vor allem die Platzierung der Tasche beim Hinknien am Verletzten und die Erkennung der Interaktionsmöglichkeiten Probleme bereitet. Daher werden in der dritten Iteration die Platzierung vom System angepasst und Interaktionsmöglichkeiten markiert, damit die

Trainierenden diese erkennen und Feedback zur Interaktion erhalten können. Zu den Interaktionsmöglichkeiten gehören unter anderem das Verbinden von Wunden, die Blutstillung mittels Tourniquet, die Prüfung von Atmung und Puls, die Herstellung der stabilen Seitenlage sowie die Kategorisierung der Verletzten.



Abbildung 2: Verkehrsunfall in der Virtual Reality-Trainingssimulation

8 Ergebnisse und Diskussion

Wie in der Einleitung erläutert, war ein wichtiges Ziel während der Entwicklung, die Immersion und Präsenz sicherzustellen. Die menschenzentrierte Entwicklung nach dem vorgestellten Vorgehensmodell hat sich dafür aus unserer Sicht bewährt. Wie erwartet konnten mit den Evaluationen mit Usability-Experten einige allgemeine Probleme bei der Bewegungssteuerung und Interaktion erkannt und behoben werden. Damit waren diese bereits vor den wenigen Terminen, die mit Trainern zur Verfügung standen, behoben – mutmaßlich mit besseren Ergebnissen bei der Evaluation mit Trainern. Die Evaluationen mit Trainern haben sich im Fallbeispiel, wie angenommen, als wichtig für die fachliche Korrektheit erwiesen. So sind in diesen Evaluationen insbesondere unklare Darstellungen von Verletzungen sowie fehlende Behandlungsmöglichkeiten aufgefallen. In einigen Fällen hat sich gezeigt, dass die Usability-Experten eine andere Vorgehensweise als die Trainer wählten. Das betraf nicht nur allgemeine Prozeduren, sondern auch die Bewegung und Interaktion. Viele der Usability-Experten wechselten beispielsweise bei Bedarf während der Behandlung am Verletzten die Position, während die Trainer das vermieden und stattdessen soweit irgendwie möglich versuchten, sich zu verdrehen und zu strecken, um Interaktionen mit entfernten Elementen durchzuführen.

Die Immersion und Präsenz in Bezug auf den Systemstand nach der ersten und der dritten Iteration wurden bereits mit 18 Auszubildenden gemäß dem Vorgehensmodell summativ untersucht und die Ergebnisse veröffentlicht [Be18]. Festgestellt wurde unter anderem, dass mit dem gewählten Fragebogen „Presence Questionnaire“ von Witmer &

Singer [WS05] kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Simulationen gemessen werden konnte. Bei einem direkten Vergleich von Designunterschieden (darunter die geänderte Behandlung wie in Abschnitt 7 beschrieben) zeigte sich allerdings, dass für 5 von 6 Unterschieden eine Mehrheit der Benutzer angab, dass diese in der dritten Iteration immersiver gelöst seien - lediglich der Teleportation für lange Strecken wurde die in der früheren Version realisierte Bewegung mit dem Controllerstick vorgezogen. Allerdings wurden bei der Version nach der dritten Iteration technische Probleme festgestellt, die sich aus der Komplexität der realen Bewegung gegenüber einer Menü- und Controllersteuerung in der ersten Iteration ergaben. Dazu gehören Bildausfälle durch Ziehen am Kabel genauso wie Bereiche, in denen die Bewegungserkennung von den Sensoren nicht erkannt und damit nicht ausgeführt wurde. Die aus unserer Sicht passendste Erklärung für die Ergebnisse ist, dass die dritte Iteration in Bezug auf die Immersion und Präsenz in vielen Bereichen im Vergleich mit der ersten Iteration eine deutliche Verbesserung darstellt; die Teleportation sowie die genannten technischen Probleme sind vermutlich die Gründe dafür, dass das in Fragebögen nicht messbar ist.

9 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurde die Sinnhaftigkeit von VR-Trainingssimulationen in Notfällen mit vielen Verletzten begründet. Eine solche Simulation wurde mittels eines Vorgehensmodells für einen auf den Trainingskontext angepassten menschenzentrierten Entwicklungsprozess entwickelt und entsprechend dem Vorgehensmodell evaluiert. In der summativen Evaluation hat sich gezeigt, dass die Simulation in vielen Punkten verbessert werden konnte, im Gegenzug durch erhöhte Komplexität allerdings auch mehr technische Probleme aufgetaucht sind und dass noch keine zufriedenstellende Lösung für die Bewegung über weite Räume (aktuell Teleportation) gefunden wurde. Hier besteht einerseits weiterer Forschungsbedarf, andererseits auch Bedarf nach anderer Technologie (z.B. kabellose VR-Brillen, Lösungen für das Laufen auf der Stelle).

Das Vorgehensmodell hat sich insgesamt betrachtet bewährt. Es ließe sich vermutlich auch für VR-Trainingssimulationen in anderen Kontexten verwenden. Ein Teil der Annahmen, auf denen es basiert, sind nicht spezifisch für den Rettungsdienst, sondern können in ähnlicher Form in vielen Trainingskontexten gesehen werden, beispielsweise viele Eigenschaften der Trainer und Trainierenden. Auch eine Übertragung auf Trainingssimulationen im Allgemeinen wäre denkbar; die Fokussierung auf Immersion und Präsenz im durch VR-Technologie ermöglichten Ausmaß könnte dann entfallen. Diese Verallgemeinerungen bedürfen allerdings noch weiterer Untersuchungen.

10 Literaturverzeichnis

- [An10] Andreatta, P.B. et al.: Virtual Reality Triage Training Provides a Viable Solution for Disaster-preparedness. Acad Emerg Med. 8/17, S. 870-876, 2010.

- [Be18] Berndt, H. et al.: Immersion and Presence in Virtual Reality for Mass Casualty Incidents. In: Proceedings of the 15th ISCRAM Conference, Rochester, NY, 2018.
- [BMH15] Berndt, H.; Mentler, T.; Herczeg, M.: Optical Head-Mounted Displays in Mass Casualty Incidents: Keeping an Eye on Patients and Hazardous Materials. In: Int. J. Inf. Syst. Crisis Response Manag. (IJISCRAM), 7/3, 2015.
- [Br12] Brüne, F.: Kurzbeschreibung Dynamische Patienten Simulation, https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Presse/Pressemeldung_2012/PM_Anhang_Dynamische_Patienten_Simulation.pdf, Stand: 14.06.2018.
- [DI11] DIN EN ISO 9241-210. Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme. Beuth, Berlin, 2011.
- [DI15] DIN 13050. Begriffe im Rettungswesen. Beuth, Berlin, 2015.
- [DI99] DIN EN ISO 9241-11. Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten. Teil 11. Beuth, Berlin, 1999.
- [El16] Elvestad, E.O.: Evidence of Learning in Virtual Reality, Department of Computer Science. Norwegian University of Science and Technology, 2016.
- [He11] Helmerichs, J.: Psycho-soziale Notfallversorgung im Großschadensfall und bei Katastrophen. In (Lasogga, B.; Gasch, B. Hrsg.): Notfallpsychologie. Lehrbuch für die Praxis, Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 2011.
- [He18] Herczeg, M.: Software-Ergonomie. 4. Auflage, deGruyter, Berlin, 2018.
- [LKK17] Lee, J.; Kim, M.; Kim, J.: A Study on Immersion and VR Sickness in Walking Interaction for Immersive Virtual Reality Applications. Symmetry, 5/9, S. 78, 2017.
- [Me05] Mestre, D.R.: Immersion and Presence, http://www.ism.univmed.fr/mestre/projects/virtual%20reality/Pres_2005.pdf, Stand: 10.04.2018.
- [Mi80] Minsky, M.: Telepresence. Omni 9/2, S. 45-53, 1980.
- [Ru17] Runge, W.: „Tornado über Wacken“: Rettungskräfte üben Naturkatastrophe auf Festival, <https://www.shz.de/17785481>, Stand: 12.06.2018.
- [Sa16] Sautter, J. et al.: Durchführung und Auswertung von MANV Übungen, DRK-Service GmbH, Berlin, 2016.
- [Vi08] Vincent, D.S. et al.: Teaching Mass Casualty Triage Skills Using Immersive Three-dimensional Virtual Reality. Acad Emerg Med. 11/15, S. 1160-1165, 2008.
- [Wh94] Wharton, C. et al.: The Cognitive Walkthrough Method. In (Nielsen, J.; Mack, R.L. Hrsg.): Usability Inspection Methods. John Wiley & Sons, New York, 105-140, 1994.
- [Wi08] Wilkerson, W. et al.: Using Immersive Simulation for Training First Responders for Mass Casualty Incidents, Acad Emerg Med. 11/15, S. 1152-1159, 2008.
- [WS05] Witmer, B.G.; Jerome, C.J.; Singer, M.J.: The factor structure of the presence questionnaire. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 14/3, 298-312, 2005.
- [WS98] Witmer, B.G.; Singer, M.J.: Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. Presence: Teleoperators and virtual environments, 3/7, 225-240, 1998.