

HMR-SanTrain Ergebnisbericht

Finanziert im Sicherheitsforschungs-Förderprogramm KIRAS des Bundesministeriums für
Finanzen,



durchgeführt von:



30.05.2025

1 Abkürzungsverzeichnis

Tabelle 1: Abkürzungsverzeichnis

AAR	After-Action-Review
API	Application Programming Interface
BMLV	Bundesministerium für Landesverteidigung
MANV	Massenanfall von Verletzten
MR	Mixed Reality
NFS	Notfallsanitäter:in
RS	Rettungssanitäter:in
SanG	Österreichisches Sanitätsgesetz
SOP	Standard Operating Procedures
TAG	Terror, Amok und Geiselnahme
TLI	Trainingsleiter-Interface
UCD	User-Centred-Design
UX	User-Experience
VR	Virtual Reality
XR	eXtended Reality

2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Abkürzungsverzeichnis	2
Tabelle 2: Übersicht der Gesprächsprotokolle und Abstimmungen im Rahmen des UCD-Prozesses	14
Tabelle 3: Code RabbitMq initale Kommunikation	22
Tabelle 4: Code RabbitMq Primärverletzung	23
Tabelle 5: Übersicht noch zu tätiger Investitionen für die Marktreife	49
Tabelle 6: Übersicht potenzieller Lizenztypen für das HMR-SanTrain System	52

3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Exemplarischer Requirement-Table für die Settings der verschiedenen Krankheits- und Verletzungsbilder	11
Abbildung 2: Ansicht Trainerinterface - Wireframes.....	18
Abbildung 3: Exemplarische Action Items im Zuge des Szenarios	19
Abbildung 4: Darstellung Kommunikationsschema HMR-SanTrain.....	20
Abbildung 5: Ablauf des Sequenzdiagramms	21
Abbildung 6: Erster Entwurf und Basis der User-Journey	24
Abbildung 7: Trainingszone für Trainingsintegration.....	26
Abbildung 8: Darstellung Alter der Trainer:innen	28
Abbildung 9: Abbildung 14: Einschätzung der Lernumgebung durch Trainer:innen (1 = sehr schlecht bis 7 = sehr gut)	29
Abbildung 10: Zufriedenheit des Trainer:inneninterfaces durch Trainer:innen (1 = sehr schlecht bis 7 = sehr gut)	30
Abbildung 11: Technische Qualität des Trainer:inneninterfaces (1 = sehr schlecht bis 7 = sehr gut)	32
Abbildung 12: Darstellung Alter Teilnehmende	34
Abbildung 13: Immersion in die VR-Umgebung, bewertet durch die Teilnehmer:innen (1 = sehr schlecht bis 7 = sehr gut)	35
Abbildung 14: Gefallen der VR-Umgebung, bewertet durch die Teilnehmer:innen (1 = sehr schlecht bis 7 = sehr gut)	36
Abbildung 15: Bewertung des Navigationssystems durch die Teilnehmer:innen (1 = sehr schlecht bis 7 = sehr gut)	37

Abbildung 16: Bewertung des Navigationssystems durch die Teilnehmer:innen (1 = sehr schlecht bis 7 = sehr gut) 38

Abbildung 17: Verwunderter Soldat auf Tragetuch (VR-App-View) 53

Abbildung 18: Verwunderter Soldat mit Blutlacke und Waffe (VR-App-View) 53

4 Inhaltsverzeichnis

1	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	2
2	TABELLENVERZEICHNIS	3
3	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	4
4	INHALTSVERZEICHNIS	6
5	D2.1 STAKEHOLDER:INNEN ANFORDERUNGEN FÜR MR GESTÜTZTE SANITÄTSAUSBILDUNG	8
	Pädagogische Anforderung: Trainerzentriertes System	8
	Technisch- didaktische Anforderungen.....	10
	Anforderungen an die Trainingsumgebung.....	10
6	D2.2 UCD-REPORT	12
	Allgemeiner Zugang zum UCD im Projekt	12
7	D3.1 SPEZIFIKATION TRAININGSLEITER-INTERFACE UND API	15
	Presets	15
	Flags.....	15
	After-Action-Review (AAR)	16
	Setup Scenario	16
	Systemkomponenten	20
8	D3.2 SPEZIFIKATION ABLAUF SANITÄTSTRAINING UND MR-TRAININGSSYSTEME (N. TECHN.)	24
	Trainee-Journey	25
	VR-Trainingszone.....	26

9	D4.1 EVALUATIONSBERICHT	28
	Auswertung Evaluation- Trainer:innen	28
	Allgemeine Einschätzung der Lernumgebung	29
	Trainerinterface – Bedienbarkeit, Funktionalität und Nutzer:innenkomfort	30
	Technische Qualität & grafische Gestaltung	31
	Auswertung Evaluation- Teilnehmer:innen.....	33
	Diskussion der Ergebnisse	40
10	D4.2 INTEGRATIONSPLAN FÜR DIE VERWENDUNG DES MR-TRAININGSSYSTEMS IN DER NOTFALLSANITÄTER:INNEN AUSBILDUNG.....	43
	Didaktische Einbettung und Rolle im Ausbildungsprozess	43
	Curriculare Anschlussfähigkeit im zivilen Kontext.....	44
	Behördliche Anschlussfähigkeit und militärische Anwendungsfelder	45
	Ausblick: Verbreitung und Skalierung	46
11	D4.3 VERWERTUNGSPLAN.....	48
	Marketing und Investitionsplan	48
	Demonstrationsworkshops	50
	Beschreibung des HMR-SanTrain Systems	51
	Lizenzmodell	51
12	ANHANG.....	53

5 D2.1 Stakeholder:innen Anforderungen für MR gestützte Sanitätsausbildung

Im Projekt HMR-SanTrain bildete die enge Einbindung von Stakeholder:innen – insbesondere militärischen Ausbilder:innen und sanitätsdienstlichen Bedarfsträgern – einen zentralen Pfeiler der Anforderungsanalyse und Systementwicklung. Die Erfahrungen aus dem Vorgängerprojekt MRespond dienten dabei als wertvolle Diskussionsgrundlage für die Ableitung von Anforderungen und die Gestaltung der MR-gestützten Trainingsumgebung.

Bereits in einer frühen Phase wurde das bestehende Trainer:innen-Interface aus *MRespond* genutzt, um mit den erfahrenen Trainer:innen der Truppen- und Sanitätsdienste in strukturierte Anforderungsworkshops zu gehen. Diese Diskussionen fanden zunächst in klassischer Präsenzform sowie ergänzend in digitalen Workshopformaten statt. Ziel war es, ausgehend von einem funktionierenden Prototyp sowohl Anforderungen zu bestätigen als auch neue Bedarfe zu identifizieren, die bislang nicht systematisch adressiert wurden.

Zur weiteren Vertiefung und Visualisierung wurden in einem iterativen, nutzerzentrierten Designprozess sogenannte „Post-it“-Layouts auf Miro-Boards erstellt. Diese digitale Whiteboard-Methode ermöglichte eine kooperative und visuelle Auseinandersetzung mit Funktionalitäten, Interaktionsmustern und Interface-Elementen. Die Trainer:innen waren eingeladen, Anforderungen direkt zu kommentieren, zu priorisieren und Lücken zu identifizieren – eine Methode, die sich besonders für komplexe Nutzungskontexte mit vielen Variablen, wie sie im militärischen Sanitätswesen vorliegen, als effektiv erwiesen hat.

Pädagogische Anforderung: Trainerzentriertes System

Dabei kristallisierte sich sehr deutlich heraus, dass die zentrale Anforderung der Stakeholder:innen ein stark trainer:innenzentriertes System ist. Im Gegensatz zu selbstgesteuerten Trainingsmodellen, bei denen Lernende eigenständig durch Module

geführt werden, wurde hier ein „discussion-based“-Ansatz bevorzugt. Das bedeutet: Die Steuerung des gesamten Übungsszenarios liegt vollständig in der Hand des oder der Auszubildenden, welcher mit dem Trainee das Szenario durchspricht. Es soll nicht mit schwierig umzusetzenden digitalen Ansätzen in der haptischen Anwendung der eigenen Tools umgesetzt werden, sondern sich auf die Abläufe fokussiert werden. Das Hands-On Training der Tools wird im Kurs an anderer Stelle in Real geübt. Die Trainer:innen sollen im Szenario jederzeit in der Lage sein, Inhalte, Szenarienverläufe und Schwierigkeitsgrade situativ anzupassen – sowohl in Reaktion auf das Verhalten der Lernenden als auch zur gezielten didaktischen Steuerung. Diese Forderung fußt auf der realistischen Einschätzung, dass Ausbildungsrealitäten selten linear verlaufen und Flexibilität im Trainingsverlauf entscheidend für den Lernerfolg ist.

Auf funktionaler Ebene bedeutet das, dass das Trainer:innen-Interface so gestaltet sein muss, dass keinerlei zeitliche Abhängigkeiten oder automatische Trigger-Aktionen vorgegeben sind. Stattdessen können Trainer:innen das Geschehen vollständig manuell steuern – etwa durch das Aktivieren bestimmter Verletzungen, das Ändern von Vitalparametern oder das Umschalten zwischen medizinischen Zuständen. Die gesamte Szenarienlogik basiert auf der aktiven Steuerung über das Interface und folgt somit den Prinzipien eines kontrollierten, adaptiven Lernsettings.

Die Simulation ist modular aufgebaut und fokussiert in der aktuellen Ausbaustufe auf drei zentrale Krankheitsbilder: Verbrennung, Blutung und Anaphylaxie. Innerhalb eines Szenarios kann jeweils nur eines dieser Muster ausgewählt werden. Über das Interface lassen sich unterschiedliche Schweregrade einstellen, um eine abgestufte Belastung der Lernenden zu ermöglichen – vom leichten bis zum schweren Fall. Um das digitale Element voll auszunutzen, kann der Trainer von Waldgeräuschen bis lautem Gefechtslärm die Umgebung immersieren, um dem Trainee ein authentisches Szenario zu vermitteln.

Technisch- didaktische Anforderungen

Die technischen und didaktischen Anforderungen aus *MRespond* wurden als Baseline übernommen und weiterentwickelt. Beispielsweise wurde das bestehende Zonenmodell des Avatars beibehalten, bei dem der virtuelle Patient in zwölf anatomisch relevante Bereiche unterteilt ist – vom Kopf über Hals, Rumpf und Extremitäten bis hin zu spezifischen Zonen wie Unterarmen oder Unterschenkeln. Dieses Modell erlaubt es, Verletzungen gezielt zu platzieren und Szenarien realistisch und differenziert darzustellen. Auf diese Grundstruktur aufbauen, haben wir dann in Abstimmung mit den Trainer:innen die jeweiligen Verletzungsbilder für den betroffenen Kameraden agil modelliert und auf die Bedürfnisse angepasst.

Ein visuelles Interface mit Piktogrammen für die möglichen Einstellungen des Avatars dient als zentrale Steuerzentrale. Die Interaktion erfolgt über intuitive Bedienelemente wie Buttons. Zustandsänderungen – beispielsweise das Verschlechtern eines Gesundheitszustands oder die Reaktion auf eine korrekt oder fehlerhaft durchgeführte Maßnahme – können mit einem Klick vorgenommen werden. Diese Bedienlogik orientiert sich an bewährten Prinzipien nutzerzentrierten Designs: Klarheit, unmittelbares Feedback, geringe kognitive Belastung und schnelle Erlernbarkeit (Ease of Use).

Die Integration eines Controller-Mappings auf ein physisches Mannequin, wie in *MRespond* durch Sensoren gelöst, wurde in den Anforderungen in HMR-SanTrain auf Grund der Komplexität in der Anwendung im Kurs und für die DBX-Szenarien ausgeschlossen.

Anforderungen an die Trainingsumgebung

Die entwickelte Trainingsumgebung richtet sich explizit an den militärischen Ausbildungskontext. Sie wurde sowohl für den Einsatz in der Grundausbildung von Truppsanitäter:innen und Rettungssanitäter:innen als auch für die konzeptionelle Nutzung im Rahmen von Proof-of-Concept-Simulationen entwickelt.

Requirements			
Buchstabe	Blutung / Bleeding	Burn	Anaphylaxie / Anaphylaxis
Environment	Österreichische Landschaft mit Deckung (e. g. Mauereck mit genug Deckung)	Österreichische Landschaft mit Deckung (e. g. Mauereck mit genug Deckung)	Österreichische Landschaft mit Deckung (e. g. Mauereck mit genug Deckung)
Soundscape	Pre-Set: Soundscape - Environment (Wind + Birds, etc.) - Motor sounds (Gefechtsfahrzeug) - War sounds in far distance	Pre-Set: Soundscape - Environment (Wind + Birds, etc.) - Motor sounds (Gefechtsfahrzeug) - War sounds in far distance	Pre-Set: Soundscape - Environment (Wind + Birds, etc.) - Motor sounds (Gefechtsfahrzeug) - War sounds in far distance
Gender	male	male	male
Avatar	Austrian soldier (white)	Austrian soldier (white)	Austrian soldier (white)
Safe Scene	Pre-Set: Waffe - keine / none - beim Patienten (daneben) / next to pat - am Zaun angelehnt / fence	Pre-Set: Waffe - keine - beim Patienten (daneben) - am Zaun angelehnt (in sicherer Distanz)	Pre-Set: Waffe - keine - beim Patienten (daneben) - am Zaun angelehnt (in sicherer Distanz)
Initial Position	Pre-Set: Position - Supine - Stomach - Head-Up - Side	Pre-Set: Position - Supine - Stomach - Head-Up - Side	Pre-Set: Position - Supine - Stomach - Head-Up - Side
General Impression	Pre-Set: Skin - Rosisch - Blass - Zyanose	Pre-Set: Skin - NO = Always Blass	Pre-Set: Skin - NO = Always Blass Nuxe - Nuxe Yes - Nuxe No
GI-Action	Action-Set: Position - Supine - Stomach - Head-Up - Side	Action-Set: Position - Supine - Stomach - Head-Up - Side	Action-Set: Position - Supine - Stomach - Head-Up - Side

Abbildung 1: Exemplarischer Requirement-Table für die Settings der verschiedenen Krankheits- und Verletzungsbilder

6 D2.2 UCD-Report

Im folgenden Abschnitt werden einzelne Details zum UCD-Prozess erläutert und dargelegt. Dieser Prozess beinhaltet sowohl

Allgemeiner Zugang zum UCD im Projekt

Der Entwicklungsprozess von HMR-SanTrain war von Beginn an stark nutzerzentriert ausgerichtet. Grundlagen bildete ein iterativer UCD-Zugang, der auf regelmäßiger Rückkopplung mit Expert:innen aus dem Bundesministerium für Landesverteidigung (BMLV) basierte. Vom Projektstart an wurden regelmäßige Abstimmungen mit dem Projektpartner BMLV durchgeführt. Diese umfassten Bedarfsanalysen, Funktionsabgleiche, Priorisierungen und kontinuierliche Feedbackschleifen. Neben Videokonferenzen wurden wiederholt Anforderungsworkshops, Usability-Testings sowie on-site Meetings in der Van-Swieten-Kaserne abgehalten. Besonderes Augenmerk galt dem laufenden Abgleich mit realen Anforderungen aus der Sanitäter:innenausbildung sowie der Integration konkreter SOPs. Alle Erkenntnisse wurden iterativ in die technologische und didaktische Umsetzung überführt. Insgesamt wurden vier Entwicklungsiterationen samt Feedbackschleifen mit dem BMLV durchgeführt, bei denen jeweils Anpassungen an Inhalte, Interface und Nutzerführung vorgenommen wurden.

Der UCD-Prozess begann mit einem Kick-off und Anforderungsgesprächen im Frühjahr 2024, in denen relevante Verwundungsmuster, Trainingsziele und Einschränkungen (z.B. keine invasive Haptik) definiert wurden. Bereits im März wurden erste Szenarien (Schuss-, Verbrennungs-, Blast-Verletzungen, Anaphylaxie) sowie die wichtigsten Zonen am Avatar (12 Körperbereiche) festgelegt. In mehreren Workshops wurde auf diesen Inputs ein Mapping dieser Zonen mit Symptomen und Zuständen (z.B. Atemnot, Zyanose, Schock, Pulsveränderung) vorgenommen. Auf dieser Grundlage wurde die technische Umsetzung initial spezifiziert: Die Szenarien sollten rein visuell sein, die Steuerung über ein

Trainer:inneninterface erfolgen. Dieses sollte über ein Tablet bedienbar sein, intuitive UI/UX bieten und u.a. das Ein-/Ausblenden von EH-Tools und Gefahren, sowie die Selektion von Zustandsveränderungen über Buttons und Regler ermöglichen.

Ab Sommer 2024 folgt die Entwicklung von Prototypen. Dabei wurden regelmäßig Zwischenversionen intern sowie mit Trainer:innen getestet. Die Bedienelemente wurden gemeinsam mit Ausbilder:innen gestaltet. Durch das Feedback (z. B. zur Klangkulisse, zur Darstellung von Hautreaktionen, zu notwendigen Patientenstates) wurden zahlreiche Iterationen angestoßen. Beispiele: Differenzierung der Pulswerte je nach Tourniquet-Zustand, Soundfiles für Stridor, Darstellung allergischer Reaktionen, Force-Feedback bei Berührung, Integration von Lagerungszuständen. Auch die Uniformwahl, Lichtverhältnisse und visuelle Zugänglichkeit (z. B. Pupillengröße) flossen ein.

Nach dem ersten Testlauf im Herbst 2024 wurden in der finalen Entwicklungsphase (Q1/2025) gezielt die letzten funktionalen Anpassungen vorgenommen, darunter:

- State-Presets und Resetfunktionen
- Soundoptimierung
- Ladeverhalten und Logging-Optionen

Der UCD-Prozess in HMR-SanTrain war ein integraler Bestandteil der gesamten Entwicklung. Durch die konsequente Einbindung der Zielgruppen, den Fokus auf realistische Nutzungskontexte und die iterative technische Umsetzung konnten sowohl Akzeptanz als auch Realismusgrad, didaktische Nutzbarkeit und Systemstabilität wesentlich erhöht werden. Die enge Zusammenarbeit mit Ausbilder:innen, Entwickler:innen und Entscheider:innen erwies sich dabei als wesentlicher Erfolgsfaktor.

Tabelle 2: Übersicht der Gesprächsprotokolle und Abstimmungen im Rahmen des UCD-Prozesses

Datum	Typ	Inhalt
2024-06-04	Meeting	Erste Bedarfserhebung; Definition Verwundungsmuster; Szenarienauswahl; QR-Konzept; Diskussion zur Simulationstiefe (kein Zugang legen)
2024-06-20	Meeting	Finalisierung der 12 Zonen; Definition initialer States; Diskussion Interface-Funktionen; Ein-/Ausblendung Tools-Rolloutplan Allentsteig
2024-07-10	Workshop	Strukturierung der Zustände pro Verletzungsmuster; Soundgestaltung; Anforderungen Interface; Pulsoxy; Logik; Vorschläge zu Avatar-Feedback
2024-09-24	Mail-Feedback	Finale State-Übersicht übermittelt; letzte Feedbackrunde zu Visuals; Terminavisos für Tests; Abstimmung Uniformwahl; Upload prozess Assets
2025-02-28	Feedback zu Testing	Rückmeldung nach Testlauf; Atmungssounds differenzieren; Darstellung Anaphylaxie verbessern; Entkleidungsoptionen erwünscht; Blutfeedback über Handschuhe
2025-03-14	Feedback	Detailrückmeldung zu Bugs; Darstellung Brustkorb, Soundlayering; Priorisierung optionaler Features; Auflistung Optimierungspotenziale; Vorbereitung finaler Testlauf

7 D3.1 Spezifikation Trainingsleiter-Interface und API

Presets

Da die Integration in einen Kurs auch einen Stationsbetrieb beinhaltet, in dem die Trainees nacheinander diese abarbeiten, müssen die Trainer:innen in der Lage sein, definierte Szenarien abzuspeichern und auch wieder laden zu können. Einerseits damit die Ausgangssituation der Szenarien für alle Trainees gleich sind, andererseits damit sich für die Trainer:innen der Mehrfach-Aufwand im Einstellen der Szenarien reduziert. So können Standard-Szenarien abgespeichert werden und für alle Trainings zur Verfügung gestellt werden können. Deshalb haben wir die Möglichkeit die Einstellungen als Preset zu speichern und wieder laden zu können als Requirement definiert.

Flags

In real durchgeführten Simulationen schreiben Instruktor:innen wie auch Beobachter:innen einer Übung Bemerkungen im Laufe des Trainings mit, um darauf in der After-Action-Review (AAR) Bezug zu nehmen und nichts zu vergessen. Da dies auf dem Tablet mit der Tastatur etwas umständlich war und vor allem zeitintensiv, haben wir in Testungen das mögliche Setzen von "Flags" definiert. Diese werden in der AAR-Auflistung der gesetzten Maßnahmen angezeigt zur jeweiligen Zeit und können so ein zeitliches "Bookmark" für die Trainer:innen zu gewissen Situationen darstellen. Daneben ist es jederzeit möglich, die Übertragung des Headsets im Headset selbst oder auf dem Laptop aufzunehmen und danach in der AAR zu nutzen.

After-Action-Review (AAR)

Um die Trainer:innen digital zu entlasten, gibt es eine tabellarische Darstellung der gesetzten Maßnahmen mit der korrespondierenden Zeitstempel sowie der Runtime des Szenarios. So können Trainer:innen leicht ablesen, wie lange manche Maßnahme(n) im Szenario gedauert haben, die oben erwähnten Flags mit dem Trainee durchsprechen und sich auf die Zeitachse stützen. Dieses Modul ist so aufgebaut, dass die Datensätze in der späteren Verwendung als JSON oder CSV-Datei heruntergeladen werden können, um diese auch langfristig aufzuheben oder als Simulations-Dokumentation zu nutzen.

Setup Scenario

Neben den systemischen Anforderungen für die Trainer:innen im Setting, sind die anderen Spezifikationen für das Trainerinterface Einstellungen im jeweiligen Szenario.

Environment inkl. Soundscape und Safe Scene

Der große Vorteil im digitalen Beüben von Szenarien ist die Möglichkeit der Immersion des Gesamtsettings. Im Gegensatz zu dem Schulungssaal können wir ein gewünschtes Setting – in unserem Falle eine Stellung in österreichischer Landschaft mit möglicher Deckung (Hütte). Aktuell gibt es nur eine Umgebung, für spätere Erweiterungen ist die Möglichkeit implementiert, zwischen verschiedenen Umgebungen umzuschalten. Da die Immersion nicht nur visuell, sondern auch auditiv verstärkt wird, kann im Szenario zwischen Umgebungsgeräusche im Wald, Motorengeräusch sowie Gefechtslärm ausgewählt werden, um die Gefährlichkeit der Umgebung und daraus abzuleitende Maßnahmen neben der Versorgung der Patienten mitzudenken und besprechen.

Insbesondere die sichere Umgebung, d.h. die Sicherung von möglichen Waffen in der unmittelbaren Nähe der Patienten soll trainiert werden, damit die Awareness dafür

automatisiert und geschärft wird. Hierfür sollen die Trainer:innen eine Waffe am Mann oder in sicherer Distanz platzieren können.

Patient:in

Neben der möglichen Ausbaustufe für eine Auswahl des Geschlechts (in unserem MVP vorerst nur der männliche Soldat), sowie unterschiedliche Repräsentationen bis hin zu Zivilisten sind die Einstellungen für die Patienten entlang der drei Fallbeispielen definiert – für Blutungen (Schnitt- oder Schussverletzung), Verbrennung oder allergische Reaktion.

Eingangs soll die initiale Position der Patienten definiert werden können, welche je nach Szenarien-Verlauf veränderbar sein muss, genauso wie der generelle Zustand der Patienten für die Blickdiagnose (Haut: rosig, blass, zyanotisch)

Die anderen Szenarien-bedingten Voreinstellungen sind gemäß xABCDE-Schema der aktuellen Sanitäter:innen-Ausbildung und beinhaltet folgende Settings, die spezifiziert wurden:



Abbildung 2: Ansicht Trainerinterface - Wireframes



Abbildung 3: Exemplarische Action Items im Zuge des Szenarios

Systemkomponenten

Das System besteht aus mehreren Komponenten und sorgt dafür, dass sowohl die Trainee, als auch Trainer:innenhardware nahtlos miteinander funktioniert.

- Tablet mit Trainerinterface
- VR-Headset mit der VR-Applikation
- Communication Server: ein Backend, über das die beiden oben genannten Komponenten Nachrichten austauschen.

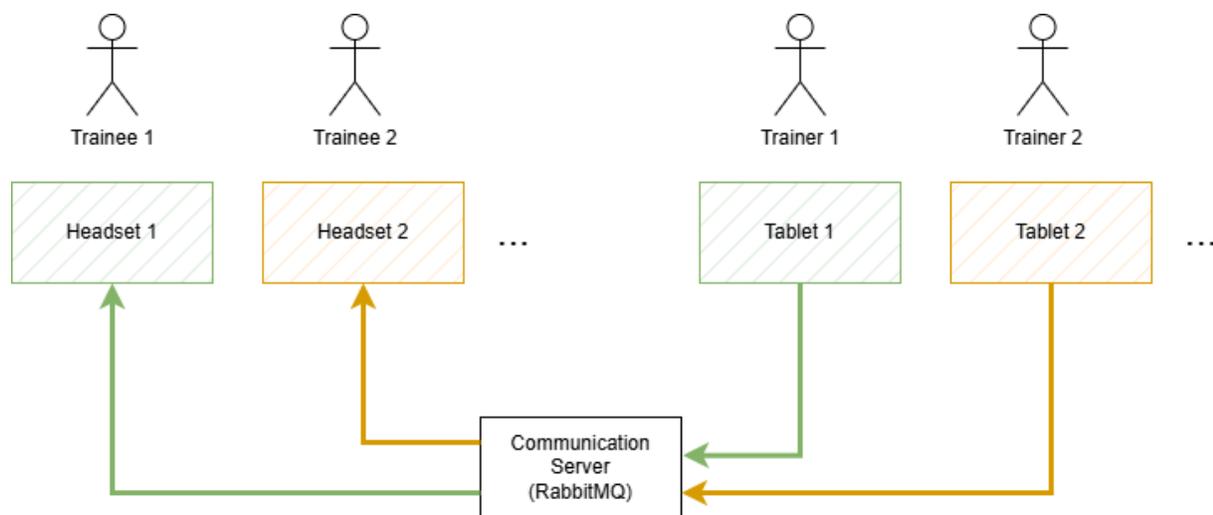


Abbildung 4: Darstellung Kommunikationsschema HMR-SanTrain

Der Communication Server ist dafür verantwortlich, die Befehle eines Tablets zur richtigen Gegenstelle zu routen. Ebenso ist er zuständig dafür, dass Headsets sich am System anmelden und von einem Tablet ausgewählt werden können. Die Nutzung von RabbitMQ erlaubt es, Nachrichten abhängig von Einstellungen entweder an alle oder nur an bestimmte Empfänger weiterzuleiten.

Im Zuge der Anmeldung am System verbinden sich sowohl Tablets als auch Headsets mit einer RabbitMQ Exchange namens "Discover". Headsets senden wiederholt ihre

“Discoverable” Messages mit ihrem im System eindeutigen ID. Tablets zeigen alle empfangen IDs an und erlauben den Nutzer:innen ein Tablet auszuwählen.

Nach der Auswahl wird eine “Connect”-Nachricht an das entsprechende Headset geschickt. Beide Geräte verbinden sich nun über die Default-Exchange und einem eindeutigen Queue-Namen, der dem Identifier des Headsets entspricht. Nun werden Nachrichten nur noch zwischen diesen beiden Geräten ausgetauscht. Folgende Abbildung beschreibt den Ablauf des Sequenzdiagramms.

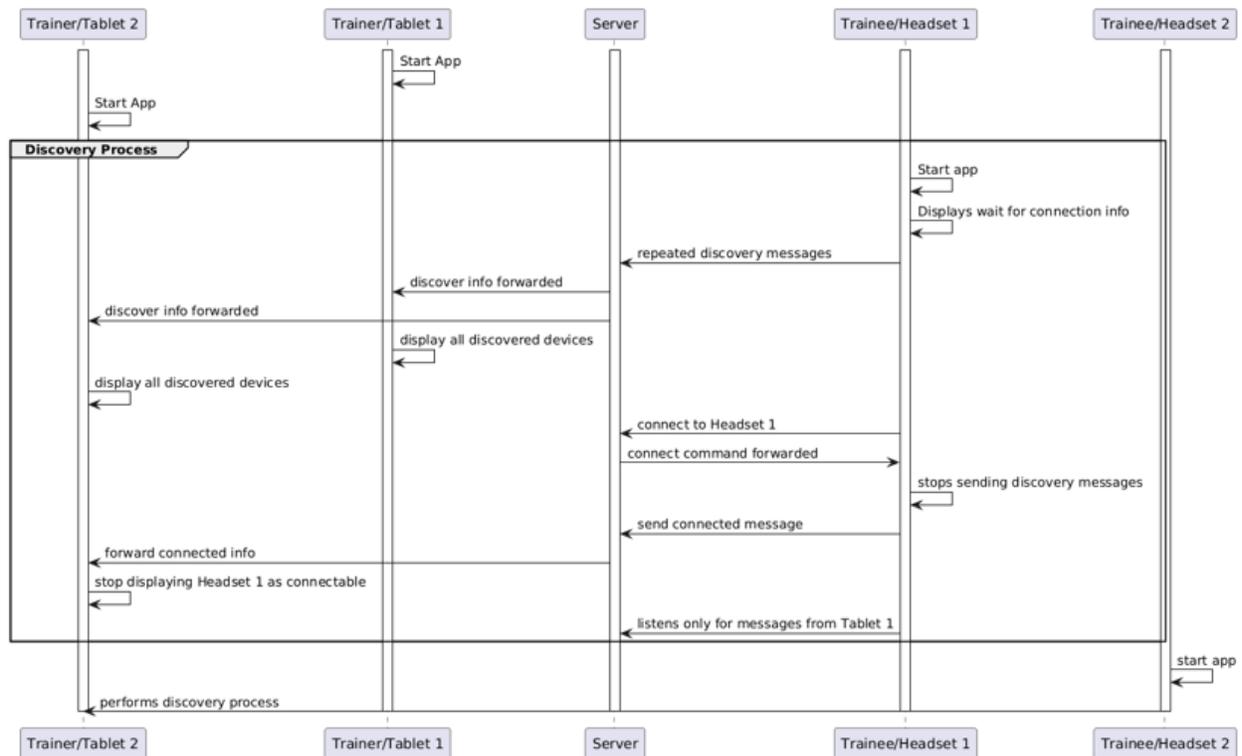


Abbildung 5: Ablauf des Sequenzdiagramms

Nach der Verbindung zweier Geräte können Tablets über einen kleinen Befehlssatz mit den Headsets kommunizieren. Es existieren zwei Arten von Nachrichten, die in Unity von RabbitMq verarbeitet werden (Beispielhaft):

- PRESET-Nachrichten: Diese Nachrichten sind JSON-Objekte, die die Headsets parsen und verwenden können. Dies wird für die Voreinstellung verwendet, um mehrere Einstellungen gleichzeitig durchführen zu können.
- RUNTIME-Meldungen: Bei diesen Nachrichten handelt es sich um einfache Strings, die einzelne Einstellungen zur Laufzeit des Trainings einstellen (z.B.: Verband anlegen).

Tabelle 3: Code RabbitMq initale Kommunikation

Format PRESET-Nachrichten:

```
Preset;{"EnumName1":EnumValueAsInt1,  
"EnumName2":EnumValueAsInt2,  
"EnumName3":EnumValueAsInt3, ...}
```

Format RUNTIME-Nachrichten:

```
RuntimeCommand;{"EnumName":EnumValueAsInt}
```

Die bestehenden Einstellungsmöglichkeiten sind als Enums deklariert. Für jeden Parameter existieren unterschiedliche Einstellungsmöglichkeiten. Diese werden als String-Integer Paar bestehend aus dem Namen des Enums sowie des gesetzten Wertes als Integer übertragen (Beispielhaft).

Tabelle 4: Code RabbitMq Primärverletzung

```
enum PrimaryInjuryType { bleeding, burn, anaphylaxis }  
enum VrEnvironment { environment1, environtment2 }  
enum AmbientNoise { normal, engine, combat }
```

8 D3.2 Spezifikation Ablauf Sanitätstraining und MR- Trainingssysteme (n. techn.)

Im Zentrum der Systementwicklung von HMR-SanTrain steht die modellhafte Abbildung realistischer und modular steuerbarer Abläufe für Trainingssituationen. Auf Basis eines iterativen Designprozesses wurde eine duale Nutzer:innenreise ausgearbeitet, die sowohl die Perspektive der Auszubildenden in der virtuellen Realität als auch jene der Trainer:innen mit Interface-Verantwortung abbildet.

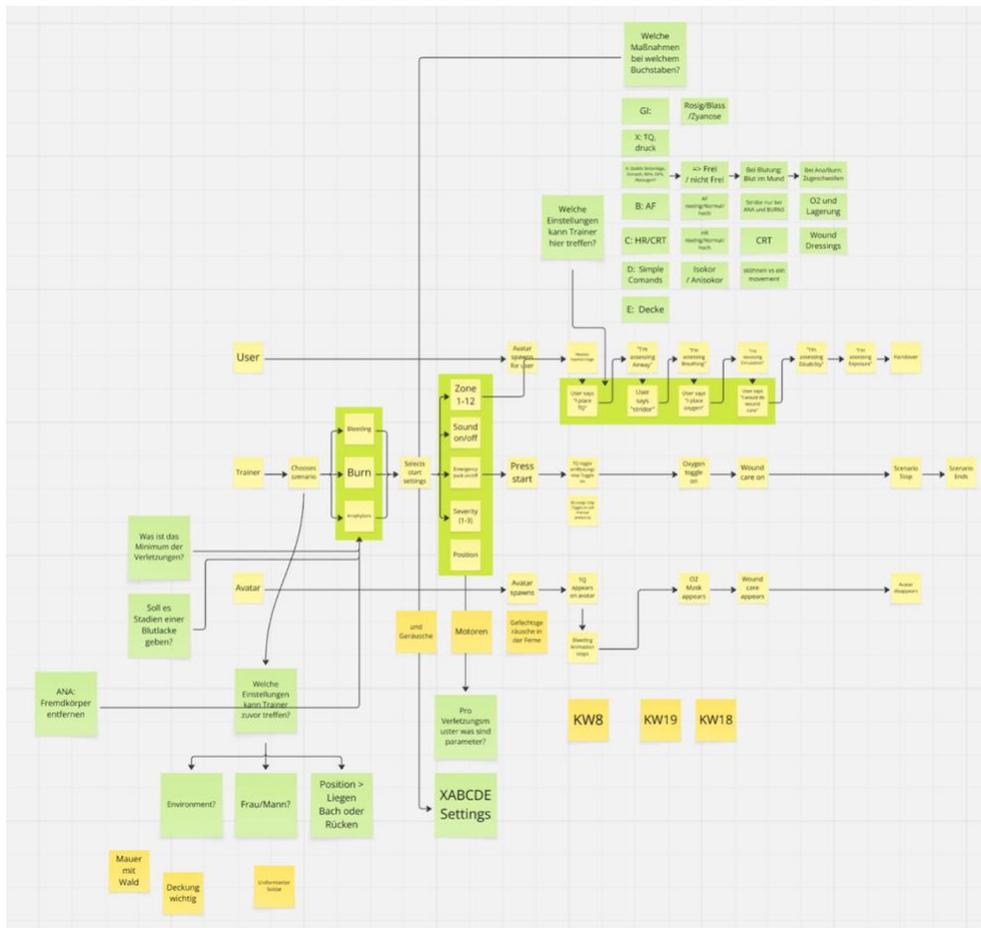


Abbildung 6: Erster Entwurf und Basis der User-Journey

Trainee-Journey

Die VR-Trainee Journey beginnt der Verbindung zum Trainee (VR-Headset), während der Trainee eine Ansicht mit “Die:Der Trainer:in bereitet das Szenario vor...” sieht, hat die:der Trainer:in die Möglichkeit verschiedene Presets zu treffen. Sobald das Szenario gestartet wird, erscheint der Avatar mit dem gewählten Verletzungsbild in einer vordefinierten Umgebung. Neben diesen Parametern können noch viele weitere im Preset definiert werden, hierzu zählen beispielsweise:

- Umgebung: österreichische Landschaft mit Deckung
- Geräusche: Environment (Wind, Birds, etc.), Motorsounds (Gefechtsfahrzeug), War sounds (far distance)
- Geschlecht: Männlich
- Hautzustand: Rosig, Blass, Zyanose
- Noxe: Ja, Nein
- Atemweg: Frei, Verlegt, Stridor, Zugeschwollen
- Augen: offen, halboffen, geschlossen

Anschließend sieht die:der Trainer:in eine Zusammenfassung der Einstellungen und kann direkt in das Szenario starten.

Die Reaktion des Trainees erfolgt nicht über direkte Manipulation, sondern diskursiv: Die Lernenden berichten, welche Maßnahmen sie nun setzen würden („Ich würde einen Druckverband anlegen“, „Ich positioniere den Patienten in Schocklagerung“). Die Trainer:innen bewerten dies in Echtzeit und justieren die Systemzustände über das Interface. Diese Logik erlaubt ein realistisches, aber kontrolliertes Simulationlernen mit Fokus auf Entscheidungsfindung und Kommunikation. Während dem Training stehen dem Trainer weitere Echtzeit-Settings zur Verfügung, die dieser Discussion-Based-Exercise eine Vielzahl von Möglichkeiten bieten. Die Journey endet mit der Zusammenfassung der gesetzten Schritte und einer strukturierten Debriefing-Phase.

Der UCD-Prozess in HMR-SanTrain war ein integraler Bestandteil der gesamten Entwicklung. Durch die konsequente Einbindung der Zielgruppen, den Fokus auf realistische Nutzungskontexte und die iterative technische Umsetzung konnten sowohl Akzeptanz als auch Realismusgrad, didaktische Nutzbarkeit und Systemstabilität wesentlich erhöht werden.

VR-Trainingszone

Zusätzlich wurde im Rahmen des Projekts auch die Integration in die Lehrgänge und die Beratung einer VR-Trainingszone unterstützt. Diese fügt sich nahtlos in die oben beschriebene Trainee-Journey ein. Trainee's kommen zum Training und haben im Zuge ihres Lehrgangs in einem Stationsbetrieb die Möglichkeit, in einem VR-Trainingszone mit der Applikation HMR-SanTrain zu interagieren und zu trainieren.

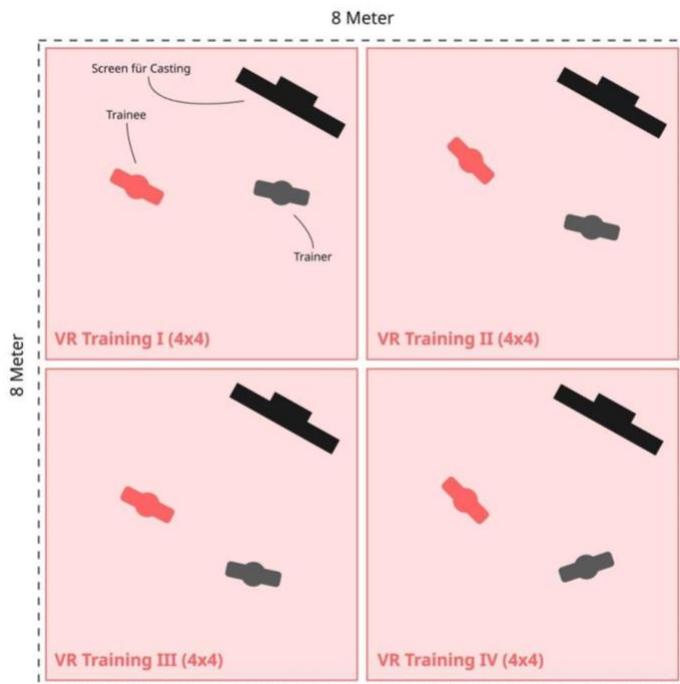


Abbildung 7: Trainingszone für Trainingsintegration

In dieser Trainingszone gibt es insgesamt die Möglichkeit für vier Trainees gleichzeitig zu trainieren, jeder einzelnen Zone ist ein Bildschirm für die Beobachtung des Trainers angefügt und wird jeweils durch einen Trainer betreut (siehe Abbildung 12)

9 D4.1 Evaluationsbericht

Auswertung Evaluation- Trainer:innen

Vier Trainer:innen (n = 4) nahmen an der Evaluation des HMR-SanTrain-Trainings teil. Die Beurteilung erfolgte mittels standardisierter Skalen (1 = sehr schlecht bis 7 = sehr gut) sowie ergänzender offener Freitextkommentare. Die Gestaltung des Erhebungsinstruments orientierte sich an Elementen des Technology Acceptance Questionnaire (TAQ) sowie an erfahrungsbasierten Usability-Standards für Trainingsinterfaces in Virtual Reality.

Das durchschnittliche Alter lag bei 40,0 Jahren, wobei die Altersspanne von 32 bis 55 Jahren reichte. Die Gruppe setzte sich aus drei männlichen und einer weiblichen Person zusammen. Die Daten deuten auf ein erfahrenes und altersdiverses Trainer:innen-Team hin, dass die VR-Trainingssituation aus unterschiedlichen beruflichen Perspektiven beurteilen konnte (Abbildung 9).

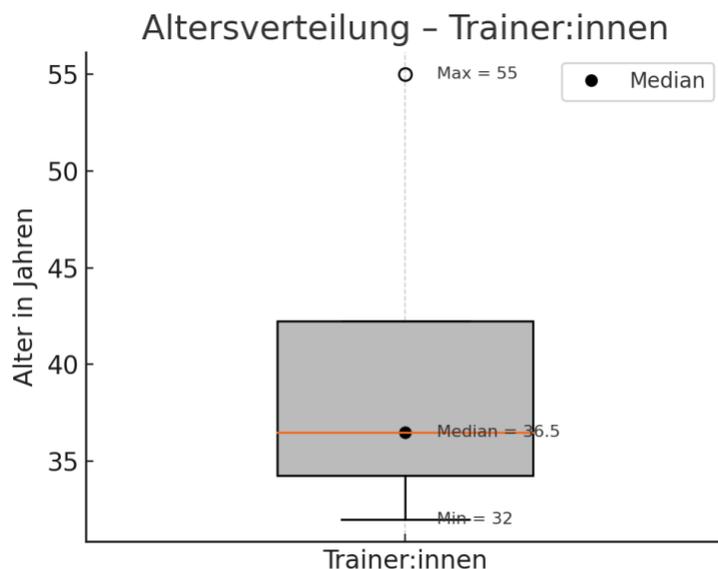


Abbildung 8: Darstellung Alter der Trainer:innen

Allgemeine Einschätzung der Lernumgebung

Die virtuelle Lernumgebung wurde durchwegs positiv bewertet. Drei der vier Befragten vergaben 6 von 7 Punkten, eine Person 5 Punkte – entsprechend lag der Mittelwert bei 5,75 ($M = 5,75$, $SD = 0,5$). In der offenen Kommentierung wurde insbesondere die Lernatmosphäre hervorgehoben: Eine Trainer:in beschreibt die Erfahrung als „angstfrei, Raum für Fehler“. Diese Aussage spiegelt die zentrale Zielsetzung des VR-Trainings wider: das sichere Erproben von Reaktionen in Notfallsituationen ohne reale Konsequenzen (siehe Abbildung 10).

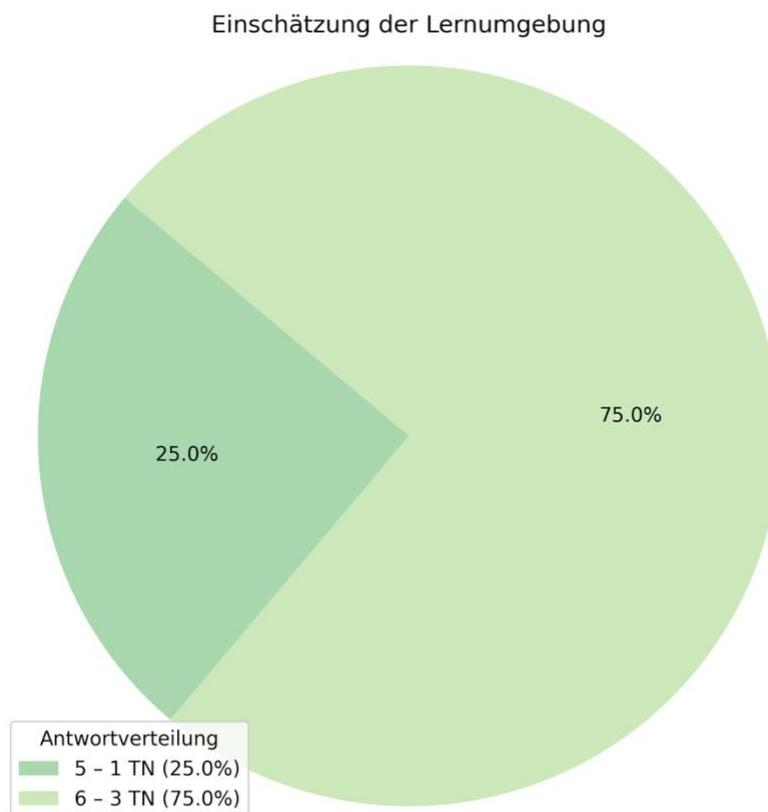


Abbildung 9: Abbildung 14: Einschätzung der Lernumgebung durch Trainer:innen (1 = sehr schlecht bis 7 = sehr gut)

Trainerinterface – Bedienbarkeit, Funktionalität und Nutzer:innenkomfort

Allgemeine Zufriedenheit

Das Interface zur Steuerung der Simulation wurde unterschiedlich bewertet. Die Frage „Wie gut hat Dir das Trainerinterface gefallen?“ erzielte einen Mittelwert von 4,5 Punkten ($M = 4,5$ und $SD = 1,73$) – hier besteht also Potenzial zur Verbesserung. Zwei Personen vergaben 5 Punkte, eine 6 Punkte, eine lediglich 2 Punkte (siehe Abbildung 11).

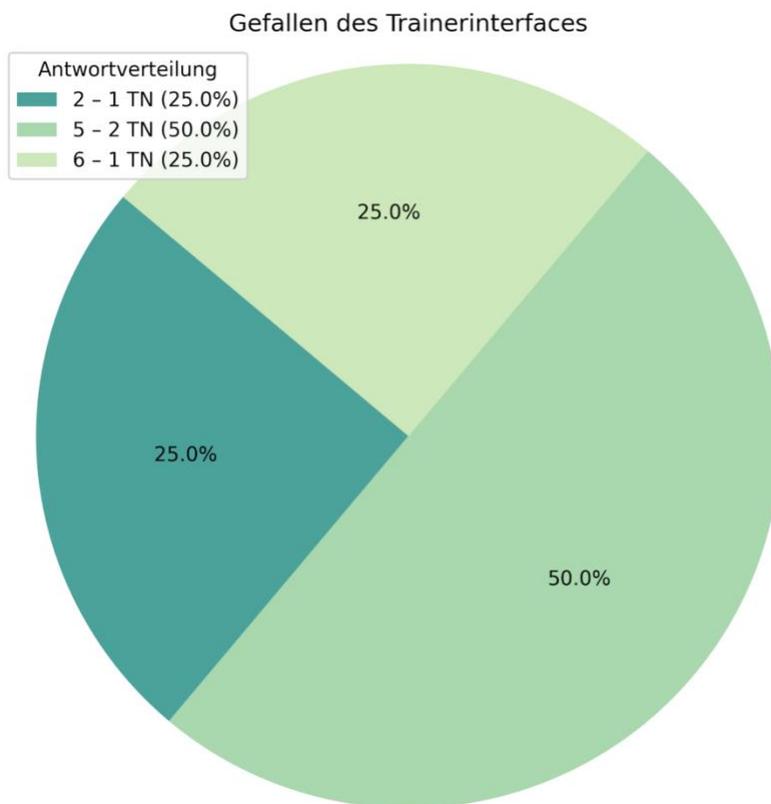


Abbildung 10: Zufriedenheit des Trainer:inneninterfaces durch Trainer:innen (1 = sehr schlecht bis 7 = sehr gut)

Usability & Navigation

Die Bedienbarkeit wurde hingegen deutlich positiver eingeschätzt: Die Frage „Wie einfach war die Nutzung des Trainerinterface?“ erreichte einen Mittelwert von 6,0 ($M = 6,0$, $SD = 1,15$), ebenso die Navigation durch verschiedene Zustände und Situationen ($M = 5,5$, $SD = 1,0$). Aussagen wie „Ich finde das Trainerinterface ist einfach zu benutzen“ und „komfortabel zu nutzen“ wurden mit durchschnittlich 4,25 ($M = 4,25$, $SD = 0,83$) bzw. 3,5 Punkten ($M = 3,5$, $SD = 0,87$) bewertet – Hinweise auf einen funktionalen, aber nicht intuitiv „angenehmen“ Workflow. Inhaltlich lässt sich vermuten, dass das Interface zwar strukturell klar aufgebaut ist, aber im Detail (etwa Klickwege, Design, Sichtbarkeit von Funktionen) noch Optimierungspotenziale birgt. Das zeigt sich auch in der Streuung der Einzelwerte.

Erlernbarkeit

Die Aussage „Es war einfach für mich, die Nutzung des Trainerinterface zu erlernen“ wurde mit 4,75 ($M = 4,75$, $SD = 0,5$) bewertet – ein solides Ergebnis mit geringer Varianz. Das Interface wird als zugänglich erlebt, wenn auch mit gewissen Startanforderungen.

Technische Qualität & grafische Gestaltung

Grafik

Die visuelle Umsetzung wurde positiv aufgenommen: Drei von vier Personen vergaben 5 oder 6 Punkte, der Mittelwert lag bei 5,5 ($M = 5,5$, $SD = 0,58$). Es gab keine negativen Anmerkungen zur Grafik im Freitext.

Gesamte technische Umsetzung

Die Qualität der verwendeten Technologie (Hardware, Performance) wurde mit einem Mittelwert von 6,0 ($M = 6,0$, $SD = 0,58$) Punkten bewertet. Keiner der Trainer:innen vergab weniger als 5 Punkte. Es wurden keine schwerwiegenden Probleme oder technischen Ausfälle berichtet – ein wichtiger Aspekt, da VR-Anwendungen häufig unter Performanceproblemen

leiden. Hier scheint das System stabil und zuverlässig funktioniert zu haben (siehe Abbildung 12).

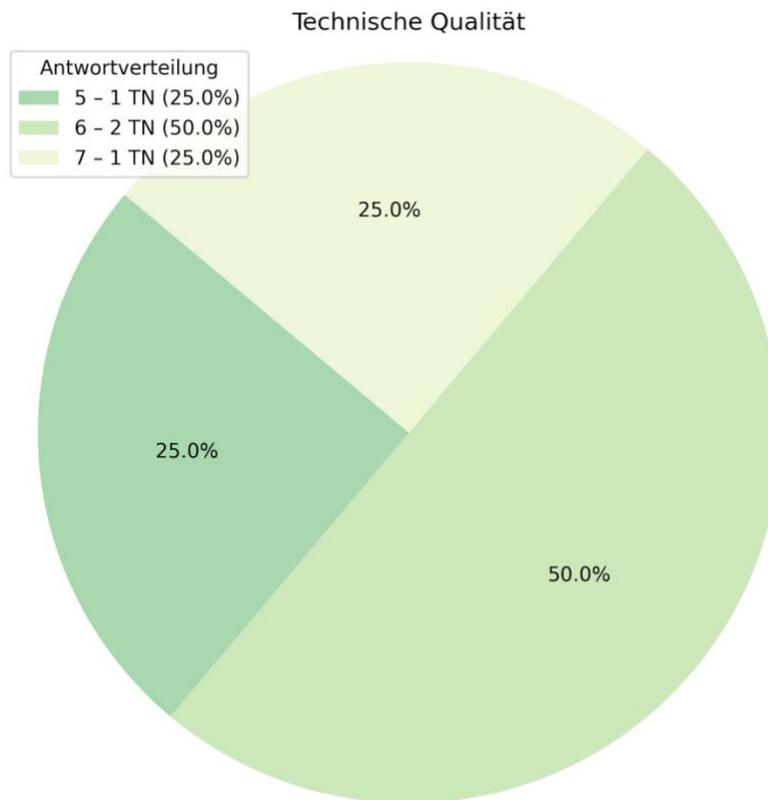


Abbildung 11: Technische Qualität des Trainer:inneninterfaces (1 = sehr schlecht bis 7 = sehr gut)

Technikaffinität & Einstellung zu digitalen Geräten

Die Aussage „Ich informiere mich über elektronische Geräte, auch wenn ich keine Kaufabsicht habe“ wurde unterschiedlich bewertet (Spannweite: 1–5), Mittelwert: 3,75 ($M = 3,75, SD = 1,71$). Die Begeisterung für neue Technologien fällt insgesamt moderat aus: „Ich bin begeistert, wenn ein neues Gerät auf den Markt kommt“ wurde im Schnitt mit 2,5 ($M = 2,5, SD = 1,73$) Punkten bewertet. Der Spaß an der Nutzung neuer Geräte wurde hingegen höher eingeschätzt: „Es macht mir Spaß, ein elektronisches Gerät auszuprobieren“ erhielt einen Mittelwert von 4,25 ($M = 4,25, SD = 1,5$). Diese Werte deuten auf eine zurückhaltende,

teils neutrale Technikaffinität hin. Die Bereitschaft zur Nutzung ist vorhanden, aber neue Technologien wecken keine überdurchschnittlich hohe Begeisterung. Das spricht für die Notwendigkeit eines niederschweligen Interface-Designs mit Fokus auf Funktionalität statt Innovationsreiz.

Gesamteindruck der (Lern-)Erfahrung

Die Freitexte sprechen von „gut“, „neu“ sowie „angstfrei, Raum für Fehler“. Diese Formulierungen unterstreichen eine positive und sichere Erfahrung. Die Lernumgebung wurde offenbar als neuartig, aber nicht überfordernd empfunden – ein wesentliches Ziel im didaktischen Design simulationsgestützter Trainingsformate.

Weiterentwicklung & zusätzliche Inhalte

Zwei Personen äußerten Erweiterungswünsche: „Ja, CPR“, „Das Setting erweitern auf User-Durchführung (begleitet)“. Diese Rückmeldungen zeigen ein deutliches Interesse an einer inhaltlichen und funktionalen Weiterentwicklung des Systems, insbesondere in Richtung eigenständigerer Lernprozesse und breiterer Anwendungsszenarien.

Empfehlungsbereitschaft & Relevanz

Alle vier Trainer:innen würden das Training weiterempfehlen. Eine Rückmeldung hebt hervor: „Ja – mit einer Info, was es kann und für was es geeignet ist.“ Das betont die Bedeutung einer klaren Kommunikation über den Einsatzbereich, die Zielgruppe und die Grenzen der Simulation im Vorfeld eines Trainings.

Auswertung Evaluation- Teilnehmer:innen

Elf Teilnehmer:innen (n = 11) nahmen an der Evaluation des HMR-SanTrain-Trainings teil. Die Beurteilung erfolgte mittels standardisierter Skalen (1 = sehr schlecht bis 7 = sehr gut) sowie ergänzender offener Freitextkommentare. Die Fragebogengestaltung orientierte sich

an Elementen des Virtual Reality Neuroscience Questionnaire (VRNQ) sowie des Technology Acceptance Questionnaire (TAQ), um die Immersion, Benutzerfreundlichkeit, technische Qualität und körperliche Verträglichkeit systematisch zu erfassen.

Das Durchschnittsalter lag bei 22,4 Jahren, mit einer Altersspanne von 19 bis 45 Jahren. Die Mehrheit der Teilnehmenden war männlich ($n = 10$), lediglich eine Person identifizierte sich als weiblich ($n = 1$). Das deutet auf eine überwiegend junge Zielgruppe hin, vermutlich im Ausbildungskontext, mit einem deutlich unausgeglichenen Geschlechterverhältnis (siehe Abbildung 13).

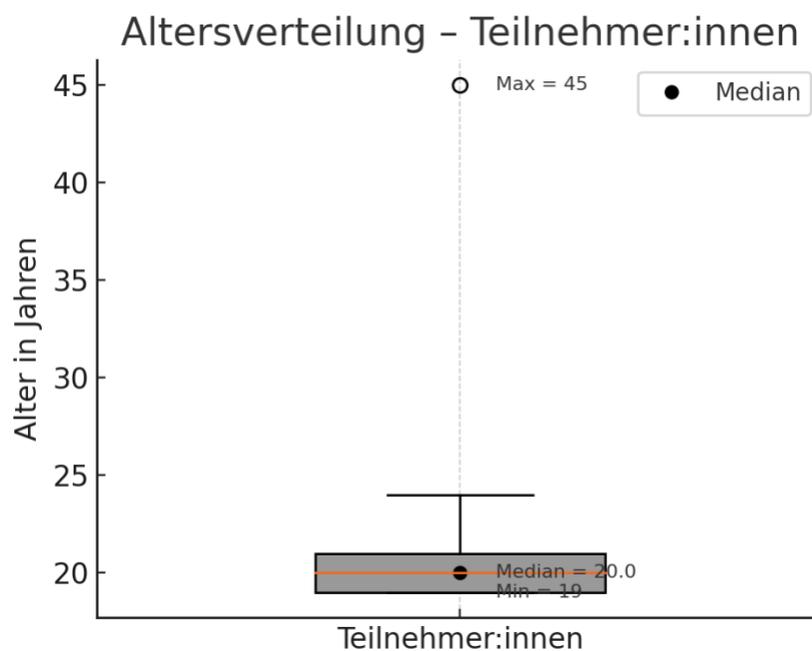


Abbildung 12: Darstellung Alter Teilnehmende

Immersion und Gesamterlebnis

Die Einschätzung der Immersion – also wie sehr sich die Teilnehmenden in die virtuelle Umgebung „eingetaucht“ fühlten – fiel insgesamt positiv aus ($M = 5,2$, $SD = 0,84$; siehe Abbildung 14). Die subjektive Qualität des VR-Erlebnisses selbst wurde ähnlich gut bewertet ($M = 5,4$, $SD = 1,14$; siehe Abbildung 15), mit Bewertungen zwischen 4 und 7. Eine Person

beschreibt die Erfahrung als „Neu und durchwegs positiv“, eine andere als „Sehr interessant und äußerst hilfreich“.

Diese Ergebnisse zeigen, dass das VR-Training nicht nur funktional, sondern auch emotional als gewinnbringend wahrgenommen wurde – ein zentrales Kriterium für erfolgreiches simulationsgestütztes Lernen.

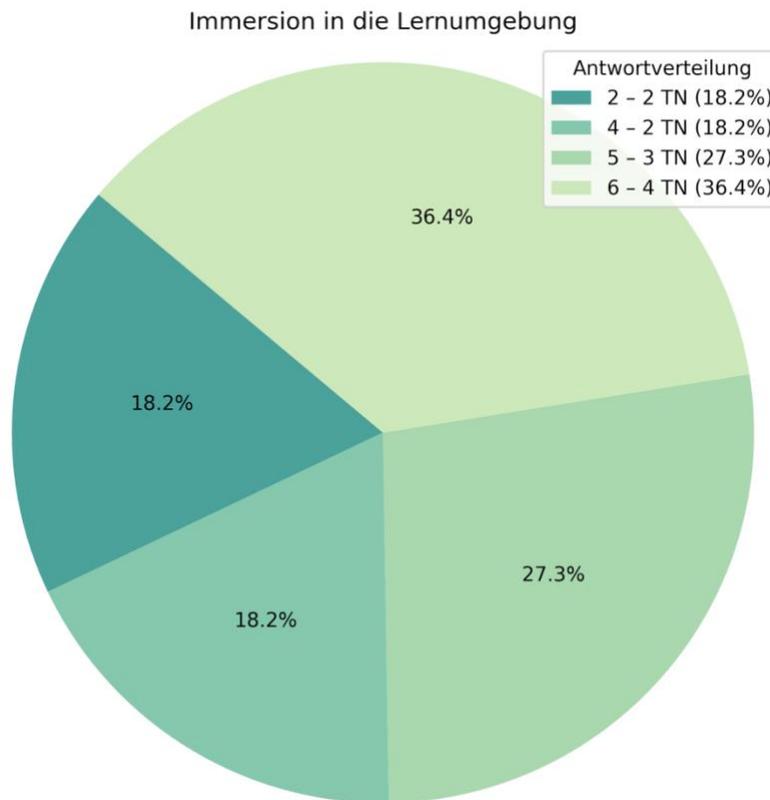


Abbildung 13: Immersion in die VR-Umgebung, bewertet durch die Teilnehmer:innen (1 = sehr schlecht bis 7 = sehr gut)

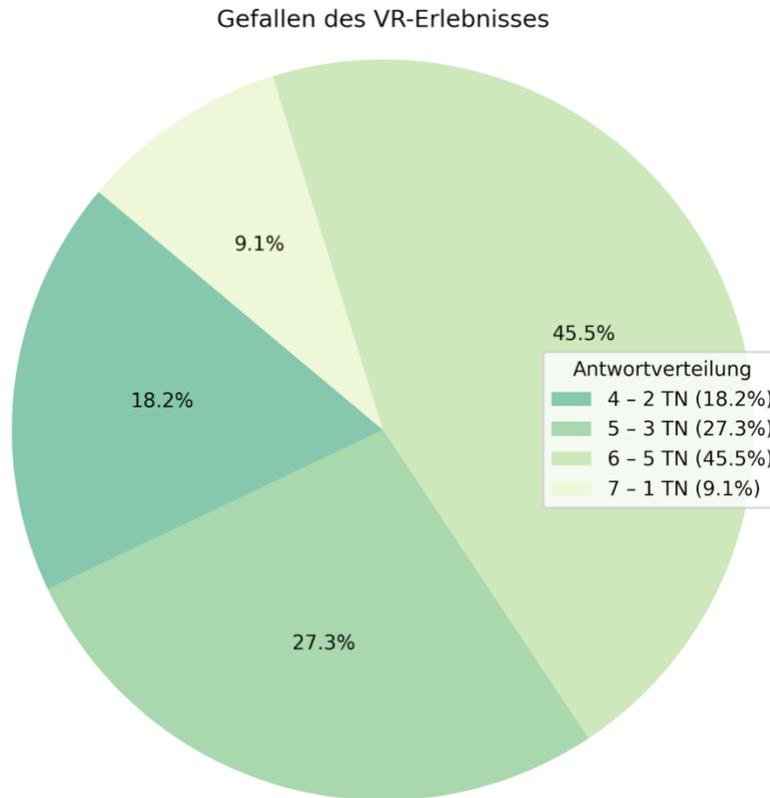


Abbildung 14: Gefallen der VR-Umgebung, bewertet durch die Teilnehmer:innen (1 = sehr schlecht bis 7 = sehr gut)

Technische Qualität & Grafik

Die visuelle Gestaltung wurde etwas kritischer bewertet ($M = 3,4$, $SD = 0,55$), was sich mit Freitext-Aussagen deckt, die zwar keine direkte Kritik an der Grafik äußern, aber technische Ergänzungswünsche enthalten (z. B. „mehr Vitalparameter“). Die allgemeine Qualität der eingesetzten VR-Technologie (z. B. Headset, Tracking) wurde mit etwas über der Mitte ($M = 5,0$, $SD = 0,63$) eingeschätzt.

Usability – Bedienung & Navigation

Die Usability-Bewertungen zeigen eine größere Spannweite: Die Nutzung des Navigationssystems (z. B. Teleportation; siehe Abbildung 16) wurde mit mittelmäßig ($M = 5,2$, $SD = 1,92$) eingeschätzt – bei hoher Streuung. Während einige Nutzer:innen problemlos

navigierten (z. B. Bewertung = 7), hatten andere Schwierigkeiten. Die physische Bewegung in der Umgebung (z. B. Umhergehen) wurde ähnlich ($M = 5,6$, $SD = 1,52$) bewertet – auch hier liegen die Werte zwischen 3 und 7. Die allgemeine Nutzung der virtuellen Umgebung wurde etwas schlechter ($M = 4,6$, $SD = 1,67$) beurteilt (siehe Abbildung 17).

Diese Werte deuten darauf hin, dass die Interaktion in VR von persönlichen Faktoren wie Technikaffinität, Erfahrung und räumlichem Verständnis abhängt. Eine leichte Lernkurve scheint vorhanden, aber kein schwerwiegendes Hindernis.

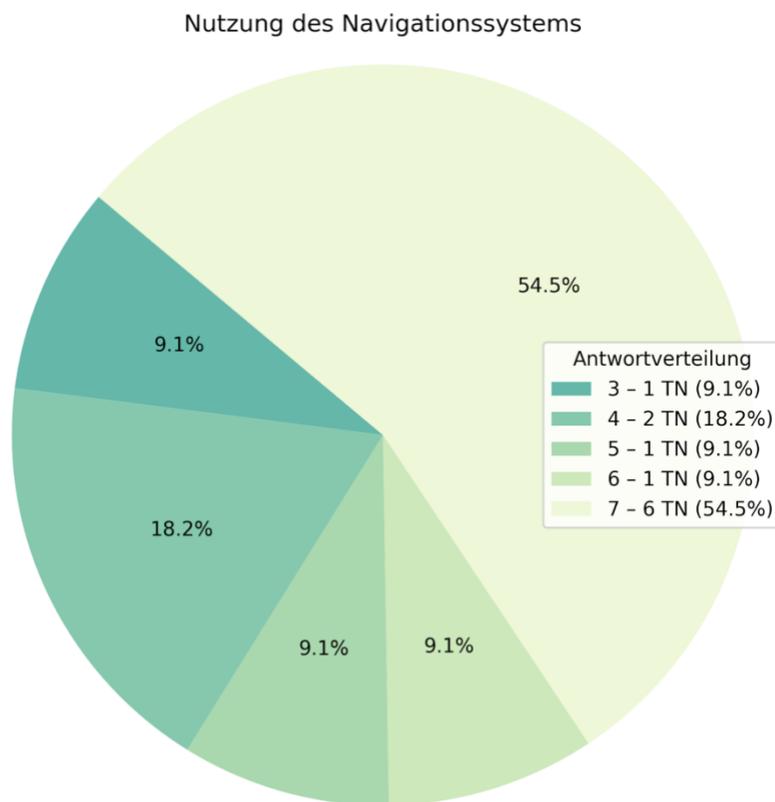


Abbildung 15: Bewertung des Navigationssystems durch die Teilnehmer:innen (1 = sehr schlecht bis 7 = sehr gut)

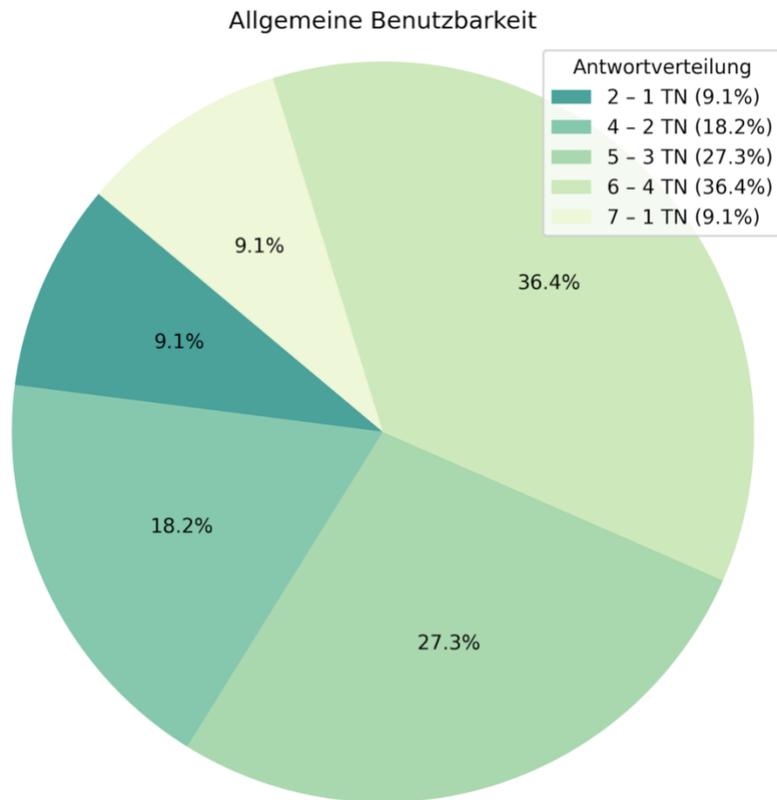


Abbildung 16: Bewertung des Navigationssystems durch die Teilnehmer:innen (1 = sehr schlecht bis 7 = sehr gut)

Körperliche Nebenwirkungen – Motion Sickness & Orientierung

VR-typische Nebenwirkungen wurden in zwei Fragen abgefragt:

- Übelkeit: 5,6 ($M = 5,6$, $SD = 1,34$)
- Desorientierung: 5,2 ($M = 5,2$, $SD = 1,30$)

Dabei gilt: je höher der Wert, desto weniger Beschwerden (Skalierung umgekehrt). Die Ergebnisse sprechen für eine gute technische Umsetzung: Nur geringe Anzeichen von Motion Sickness oder Desorientierung – ein wichtiger Faktor für die Akzeptanz in der Ausbildung.

Technikaffinität

Die Teilnehmenden zeigen mäßige bis neutrale Technikbegeisterung: „Ich liebe es, neue elektronische Geräte zu besitzen“ ($M = 3,4$, $SD = 0,55$) bzw. „Ich bin begeistert, wenn ein neues Gerät auf den Markt kommt“ ($M = 3,4$, $SD = 1,02$), sowie „Es macht mir Spaß, ein neues Gerät auszuprobieren“ ($M = 4,4$, $SD = 0,89$). Diese Werte zeigen: Die VR-Nutzung wurde nicht primär aus Technikbegeisterung motiviert, sondern eher aus inhaltlichem Interesse oder Pflichtkontext – umso positiver sind die hohen Akzeptanzwerte zu werten.

Gesamteindruck der Lernerfahrung

Die Freitextantworten in Bezug auf die Lernerfahrung und den Gesamteindruck zeigen eine durchwegs positive Bilanz („Gut, interessant“, „Sehr interessant und äußerst hilfreich“. Zusätzlich zeigen sich auch Tendenzen zur weiteren und vertieften Nutzung. So gibt eine:r Teilnehmer:in an: „Ja, besonders für Extremsituationen, die man sonst nicht gut simulieren kann“.

Verbesserungsvorschläge & Erweiterungswünsche

Einige Rückmeldungen geben Hinweise auf weitere Inhalte, wie „Eventuell mehr Vitalparameter, z. B. Blutdruck“, oder Eigene Verwendung der Sanitätsgeräte“ und Lernen für den MedAT – auch in der Technik gut dargestellt“. Diese Aussagen zeigen, dass das Format als potenziell skalierbar und adaptiv wahrgenommen wird, auch für Prüfungsvorbereitung und eigenständiges Üben.

Empfehlungsbereitschaft

Vier von fünf Personen würden das Training weiterempfehlen oder haben dies bereits getan. Formulierungen reichen von „Vermutlich“ bis „Definitiv, gerade bei Erste-Hilfe-Kursen sehr gut geeignet“.

Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Evaluation des HMR-SanTrain-Prototyps zeichnen ein konsistentes Bild hoher Akzeptanz, gepaart mit konkreten Rückmeldungen zur Weiterentwicklung. Besonders auffällig ist, dass sich sowohl auf Seiten der Trainer:innen als auch der Teilnehmer:innen zentrale Dimensionen wie Immersion, Realismus und Lernunterstützung durchgängig positiv abbilden – in der Regel mit Mittelwerten zwischen 5,5 und 6,5 auf einer 7-Punkte-Skala.

Die Einschätzung der virtuellen Lernumgebung durch die Trainer:innen ($M = 5,75$, $SD = 0,5$) deutet auf ein sehr hohes Maß an Zufriedenheit hin, das durch qualitative Aussagen wie „angstfrei, Raum für Fehler“ untermauert wird. Dies ist nicht nur als technische Rückmeldung zu verstehen, sondern als pädagogische Validierung: Die Simulation wird als sicherer Übungsraum wahrgenommen, in dem kritische Fehler erlaubt und sogar erwünscht sind – ein zentrales Element effektiver Kompetenzentwicklung. Die Lernatmosphäre scheint durch das Medium VR weniger von Hierarchie und Bewertungsdruck geprägt zu sein und eröffnet damit neue Möglichkeiten für formative Übungssettings.

Deutlich differenzierter zeigen sich die Ergebnisse bei der Bewertung des Trainerinterfaces. Obwohl dessen Funktionalität grundsätzlich anerkannt wurde ($M = 5,0$, $SD = 1,0$), wurde die Bedienfreundlichkeit ($M = 4,5$, $SD = 1,3$) zurückhaltender beurteilt. Das weist auf einen Design-Tradeoff hin: Die hohe Flexibilität der Steuerung geht aktuell noch zulasten der intuitiven Handhabbarkeit. Trainer:innen äußerten hier den Wunsch nach „klareren Symbolen“, „vereinfachter Logik“ und einer optimierten Sichtbarkeit der verfügbaren Optionen. Diese Rückmeldung ist als konstruktiv zu verstehen und legt nahe, dass künftige Versionen stärker auf UI/UX-Standards im didaktischen Kontext achten sollten. Insbesondere der Schulungshintergrund der Trainer:innen (nicht primär technikorientiert) sollte bei der Weiterentwicklung berücksichtigt werden.

Hinsichtlich der technischen Qualität gab es keine negativen Ausreißer: Die Bewertung ($M = 5,75$, $SD = 0,5$) zeigt, dass Hardware- und Softwarekomponenten als stabil und funktional

wahrgenommen wurden. Dass keine nennenswerten VR-induzierten Beschwerden (Motion Sickness) berichtet wurden, ist besonders hervorzuheben, da dies häufig eine Einstiegshürde in vergleichbaren XR-Systemen darstellt. Diese technische Robustheit stellt eine wesentliche Voraussetzung für die breite Implementierbarkeit in Ausbildungszentren dar.

Auf Seiten der Teilnehmer:innen zeigen sich besonders starke Werte in Bezug auf Immersion ($M = 6,0$, $SD = 0,77$) und die Allgemeine Benutzbarkeit ($M = 5,5$, $SD = 0,7$). Dies spricht für eine hohe Einfühlung und Engagement der Lernenden im Szenario. Auch hier bestätigt sich, dass realistische Darstellungen – etwa über virtuelle Verletzungen – zu einem glaubwürdigen und lernwirksamen Setting beitragen. Die positive Einschätzung der technischen Umgebung durch eher technikferne Nutzer:innen zeigt zudem, dass keine besonderen Vorkenntnisse notwendig sind, um sich in das Szenario einzufinden.

Gleichzeitig weisen Bewertungen zur Navigation ($M = 5,36$, $SD = 1,43$) auf eine höhere Streuung hin. Die offenen Kommentare machen deutlich: Personen mit Vorerfahrung in VR bewerten die Bedienung durchweg positiver als VR-Neulinge. Das spricht dafür, optional strukturierte Einführungseinheiten (Tutorials) anzubieten und das System adaptiv an unterschiedliche Nutzer:innenprofile anzupassen. Hier könnte Gamification gezielt genutzt werden, um mit kurzen, motivierenden Mini-Szenarien an die Steuerung heranzuführen.

Die freien Textkommentare offenbaren zudem klare Entwicklungswünsche: Trainer:innen wünschen sich die Integration konkreter Notfallalgorithmen, realistischerer Vitalparameter und mehr didaktischer Steuerungsmöglichkeiten. Teilnehmer:innen wiederum äußern Interesse an komplexeren Fällen und optionaler Erweiterung der Interaktivität. Diese Hinweise sollten bei der kontextsensitiven Weiterentwicklung als Prioritäten berücksichtigt werden.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass HMR-SanTrain, als skalierbares, immersives und kosteneffizientes Trainingssystem ein hohes Potenzial zur curricularen Integration besitzt. Die Kombination aus echter Haptik, digitaler Visualisierung und

steuerbarer Progression eröffnet nicht nur neue Formen des Lernens, sondern auch neue didaktische Steuerungsmöglichkeiten. Um den langfristigen Transfer in die Ausbildung sicherzustellen, sollte die nächste Projektphase insbesondere auf eine strukturierte Usability-Optimierung, die Verankerung im Lehrplan sowie auf eine begleitende Wirksamkeitsevaluation fokussieren.

10 D4.2 Integrationsplan für die Verwendung des MR- Trainingsystems in der Notfallsanitäter:innen Ausbildung

Didaktische Einbettung und Rolle im Ausbildungsprozess

Die erfolgreiche Einführung neuer Technologien im Bildungsbereich – insbesondere im Bereich der Gesundheits- und Notfallausbildung – setzt weit mehr voraus als nur technische Funktionalität oder Innovationscharakter. Von zentraler Bedeutung ist die systematische curriculare Integration, die es ermöglicht, technologische Lösungen sinnvoll in bestehende Ausbildungsprozesse zu überführen. Die Applikation HMR-SanTrain versteht sich in diesem Kontext nicht als isoliertes Add-on, sondern als methodisch-didaktisch fundiertes Bindeglied zwischen Theorie und Praxis.

Im Rahmen der rettungsdienstlichen Ausbildung nimmt HMR-SanTrain eine vermittelnde Position ein: Es verknüpft theoretische Grundlagen mit praktischen Handlungskompetenzen und bietet ein immersives Lernfeld zur Anwendung und Festigung medizinischer Entscheidungsprozesse. Durch die Einbettung in ein hybrides Trainingsmodell – bestehend aus Präsenzunterricht, klassischen Simulationen und VR-unterstützten Trainingseinheiten – wird der Transfer von Wissen in die Handlungsebene effektiv gefördert.

Der trainer:innenzentrierte Aufbau stellt sicher, dass Ausbilder:innen in jeder Phase des Trainingsprozesses steuernd eingreifen und die Lernsituation adaptiv gestalten können. So ist es möglich, gezielt auf individuelle Lernbedarfe einzugehen, spezifische Lernziele zu priorisieren und situativ passende Szenarien auszuwählen oder zu variieren. HMR-SanTrain wird damit zu einem flexiblen Werkzeug im Kompetenzaufbau, das sowohl für

Anfänger:innen als auch für fortgeschrittene Lerngruppen geeignete Einsatzmöglichkeiten bietet.

Curriculare Anschlussfähigkeit im zivilen Kontext

Die inhaltliche Ausgestaltung von HMR-SanTrain orientiert sich eng an den gesetzlichen Vorgaben des österreichischen Sanitäter:innengesetzes (SanG), das die Rahmenbedingungen für die Ausbildung von Rettungs- und Notfallsanitäter:innen definiert. Gemäß Abschnitt 2, §33 (Modul 1 – Rettungssanitäter:in) werden 13 Lehrbereiche für den theoretischen Unterricht festgelegt. HMR-SanTrain ist dabei in drei zentrale Kategorien curricular eingebettet:

- „Störungen der Vitalfunktionen und Regelkreise“ sowie geeignete Maßnahmen zur Stabilisierung
- „Notfälle bei verschiedenen Krankheitsbildern“ mit zugehörigen Interventionsstrategien
- „Spezielle Notfälle“, die erweiterte Kenntnisse und koordinierte Maßnahmen erfordern

Im nächsten Ausbildungsschritt sieht das Gesetz vor, dass die erworbenen Kenntnisse praktisch vertieft werden müssen – insbesondere im Hinblick auf die Anwendung von Maßnahmen bei genau jenen Notfällen, die bereits theoretisch behandelt wurden. Hier bietet HMR-SanTrain durch seinen simulationsbasierten Ansatz eine nahtlose Fortsetzung des Lernprozesses: klinische Entscheidungsfindung, Priorisierung, Kommunikation und Teaminteraktion (über die:den Trainer:in) können realitätsnah geübt werden – in einem risikofreien, aber intensiven Lernsetting.

Auch im erweiterten Modul 2 (§37 – Notfallsanitäter:in) zeigt sich die Anschlussfähigkeit: Inhalte wie komplexe Notfallsituationen, erweiterte Interventionstechniken und zeitkritische Entscheidungsprozesse können mit den VR-Szenarien von HMR-SanTrain abgebildet werden. Dabei wird nicht nur die Fachkompetenz gestärkt, sondern auch die

Lageeinschätzung oder das Stressmanagement – essenzielle Komponenten professionellen Handelns in der Notfallmedizin.

Die curricularen Parallelen spiegeln sich auch in der Ausbildungsrealität ziviler Organisationen wider: Sowohl das Österreichische Rote Kreuz als auch der Arbeiter-Samariterbund orientieren ihre Ausbildungsformate an den rechtlichen Vorgaben. Durch diese Standardisierung ergibt sich für HMR-SanTrain ein hoher Multiplikationseffekt: Die Anwendung kann in allen Einrichtungen eingesetzt werden, die nach dem SanG ausbilden – vom regionalen Bildungszentrum bis hin zu bundesweiten Ausbildungsplattformen.

Behördliche Anschlussfähigkeit und militärische Anwendungsfelder

Auch im behördlichen Bereich bietet sich eine breite Palette an Einsatzmöglichkeiten. Im BMLV werden medizinisch relevante Inhalte in mehreren militärischen Ausbildungsmodulen vermittelt, insbesondere in den Kaderanwärterausbildungen des Sanitätsdienst.

In diesen Modulen liegt der Fokus sowohl auf waffenspezifischen und sicherheitsrelevanten Inhalten als auch auf der Vermittlung sanitätshilflicher Kompetenzen, wie sie auch zivilen Rettungsdiensten entsprechen. Die Inhalte decken die Versorgung von Verletzungen unter Einsatzbedingungen, das Management limitierter Ressourcen sowie die Priorisierung bei Massenanfall von Verletzten (MANV) ab – Themen, die sich mit den derzeitigen und geplanten Erweiterungen von HMR-SanTrain inhaltlich decken.

Darüber hinaus wird im militärischen Kontext jedem:r Soldat:in im Rahmen der „Erweiterten Selbst- und Kameradenhilfe“ Basiswissen der Notfallversorgung vermittelt. Die hierbei geschulten Maßnahmen – etwa die Stillung lebensbedrohlicher Blutungen, das basale Airway-Management oder die strukturierte Ersteinschätzung – lassen sich hervorragend in HMR-SanTrain simulieren und vertiefen. Die Anwendung kann somit auch als multiprofessionelles Trainingstool dienen – sowohl für spezialisierte Sanitätskräfte als auch für nicht-medizinisches Personal.

Ein besonderer Vorteil der VR-Anwendung im militärischen Umfeld besteht in der Möglichkeit, realistische Szenarien orts- und witterungsunabhängig durchzuführen. Szenarien mit akustischen und visuellen Stressoren können gezielt zur Steigerung der kognitiven Belastbarkeit unter Stress beitragen – ein Faktor, der in militärischen Settings besondere Relevanz besitzt.

Ausblick: Verbreitung und Skalierung

Die derzeitige Entwicklungsstufe von HMR-SanTrain umfasst drei vollständig ausgearbeitete Szenarien im Stil einer Discussion-Based Exercise (DBX):

- Versorgung einer arteriellen Blutung mit Tourniquet-Anlage
- Anaphylaktischer Schock bei unbekannter Allergenexposition
- Thermisches Trauma mit Schwerpunkt auf Erstversorgung und Transportvorbereitung

Diese Szenarien basieren auf gängigen Notfallbildern, die sowohl im zivilen als auch im militärischen Alltag hohe Relevanz besitzen. Durch die Kombination aus diskursivem Lernen, immersiver Wahrnehmung und strukturierter Nachbesprechung (Debriefing) entsteht ein kohärenter Lernprozess, der sich von klassischen Mannequin-Simulationen deutlich abhebt.

Ein weiterer Vorteil liegt in der Ressourcenschonung: HMR-SanTrain kann ohne physische Simulationstechnik und mit minimalem Materialaufwand durchgeführt werden (VR-Headset & Tablet). Im Rahmen eines modularen Stationsbetriebs lässt sich das Tool ideal einsetzen: Beispielsweise trainiert eine Gruppe mit VR, während parallel andere Gruppen mit Low-Fidelity-Mannequins arbeiten. Die Rotation zwischen den Stationen erhöht nicht nur die individuelle Übungszeit, sondern erlaubt auch kollektives Lernen durch Beobachtung und strukturierte Reflexion – ein didaktischer Aspekt, der in vielen konventionellen Settings oft zu kurz kommt.

Perspektivisch ist eine Erweiterung um weitere Szenarien (z. B. Amputationsverletzungen, Gesichtsfrakturen, offene Bauch- und Brustkorbverletzungen, oder verschiedene Umgebungseindrücke) sowie die Einbindung in digitale Lernplattformen denkbar. Auch eine Kombination mit Learning Analytics zur Erfassung individueller Fortschritte oder Adaptionen basierend auf KI bietet Potenzial für eine zukunftsweisende Weiterentwicklung.

11 D4.3 Verwertungsplan

Ziel des im Projekt zu erarbeitenden Verwertungsplan war das Erstellen eines Marketing- und Investitionsplans, das Abhalten von Demonstration Workshop mit Ausbildungseinrichtungen gemäß SanG, sowie die Erstellung eines eines Lizenzmodells

Marketing und Investitionsplan

Hinsichtlich des Marketingplans sind folgende Tätigkeiten vorgesehen:

- Marktanalyse und Positionierung in Deutschland und der Schweiz: Verständnis des dortigen Bedarfs und der Entscheidungsstrukturen bei Ersthelfer-Organisationen sei der Finanzierung von RFS / NFS Ausbildungen (in Deutschland werden diese beispielsweise über Rahmenvereinbarungen von den Bundesländern finanziert). Im Zug der Marktanalyse ist auch eine Konkurrenzanalyse zu bereits existierenden digitalen Trainingsmitteln geplant.
- Zielgruppenspezifisches Marketing über folgende, beispielhafte Kanäle:
 - Direktansprache: gezielt Entscheider:innen identifizieren und kontaktieren
 - Anzeigen in gedruckten und online Fachmedien: Rettungsdienst (DE <https://www.skverlag.de/zeitschriften/rettungsdienst>) , Notfall & Rettungsmedizin (DE: <https://www.springermedizin.de/notfall-rettungsmedizin/7954900>), Präsenz bei Fachmessen und Kongressen im D-A-CH Raum:
 - Retter Messe Wels: 2025, <https://rettermesse.at/retter-wels-von-18-20-sept-2025/>
 - RettMobil: 2026 <https://www.rettmobil-international.com/>

- Partnerschaften und Pilotprojekte
 - Über die bestehende Kooperation im laufenden Projekt mit dem BMLV ist es geplant mit folgenden Organisationen im D-A-CH Raum über privilegierte Partnerschaften Pilotprojekte zu installieren: Schutz und Rettung Zürich, Johanniter Unfallhilfe Österreich, Rotes Kreuz Bezirksstelle Schwechat, Rotes Kreuz akademie Oberösterreich, Arbeiter-Samariterbund Burgenland, Berliner Feuerwehr

Aufgrund der oben beschriebenen Marketingaktivitäten wird hier im ersten Jahr nach Projektende ¼ Anstellung eines Vertriebsmitarbeiters veranschlagt.

Hinsichtlich der notwendigen Investitionen für die Marktreife sind noch folgende Tätigkeiten geplant die sich in Summe auf ca. €97.500.- belaufend:

Tabelle 5: Übersicht noch zu tätiger Investitionen für die Marktreife

Invest-Posten bzw. Aktivitäten	Geschätzte Kosten [€]
Erstellung 3D Umgebungen	20.000 – 50.000
Weitere medizinische Erkrankungs- und Verletzungsmuster	20.000 – 50.000
Benutzer-, Ausbildungs- und Wartungsdokumentation	10.000 – 20.000
Portierung auf marktübliche XR-Plattformen	5.000 – 10.000
Zusätzliche Interface-Sprachen	2.000 – 3.000

Demonstrationsworkshops

Wie im Rahmen der Erstellung des Verwertungsplan bereits geplant wurden folgende Demonstrationsworkshops mit Blaulichtorganisationen abgehalten:

- 07.04.2025: Johanniter Unfallhilfe (2 Trainer:innen) und Austrian Center for Peach Research (3 Trainer:innen und 4 Alumnus)
- 14.05.2025: Rotes Kreuz Oberösterreich (Leitung Sanitättergesetz, eLearning, Erste Hilfe und Sanitätshilfe), Arbeiter-Samariterbund-Österreich (1 x Leitung Digitalisierung, 1 x Stabstelle Pflege)
- 22.05.2025: Rotes Kreuz NÖ, Bezirksstelle und Simulationszentrum Schwechat (1 x Teamleiter Ausbildung)

Im Rahmen dieser Workshops wurden einerseits die Möglichkeiten des HMR-SanTrain Systems mit dem Personal der Ersthelferorganisation in beiden Rollen (Trainer:in / Trainee) ausprobiert, sowie Feedback hinsichtlich des Einsatzes in zivilen Kontexten erhoben und potenzielle Lizenzierungs- als auch Verwendungsmodelle besprochen.

Aus dem Feedback dieser Workshops konnten folgende Anforderungen für die Verwendung des HMR-SanTrain Systems in zivilen Ausbildungskontexten abgeleitet werden:

- Zivile Umgebungen: z.B. Urbane Umgebungen, TAG-Szenarien, Dorfplatz
- Zivile Personen in der Entfernung
- Stressoren: Lärm, Personen, die fotografieren und / oder Fragen stellen

Basierend auf den Projektergebnissen und dem Feedback aus den Demonstrationsworkshops wurde die folgende Kurzbeschreibung des Systems zusammengefasst:

Beschreibung des HMR-SanTrain Systems

Lernziel:

- Teilnehmer:innen können Blickdiagnostik zur Identifikation der am wichtigsten zu versorgenden Person anwenden, erkennen Krankheitsbilder und leiten Maßnahmen und Versorgungsabläufe ab und beschreiben diese diskursiv mit dem / der Trainer:in (Discussion-Based-Exercise: DBX).

Framework & Rahmenbedingungen

- Teilnehmer:innen können Versorgungsalgorithmen beschreiben.
- Anwendungsmodalität: Single-User-Anwendung mit VR-Headset und Inside-Out-Tracking-Fähigkeiten, sowie (optional) Mannequin Tracking über den Controller
- Anwendungszeitpunkt in der Ausbildung: Nach Theorieeinheiten auf RS- bzw.
- NFS-Niveau
- Steuerung & Bedienung: Trainer:innengestützt durch Tablet (Trainer), Support für den Trainer durch chronologische und mit Zeitstempeln hinterlegte Historie der versch. Versorgungsschritte bzw. Veränderungen im TLI
- Krankheitsbilder: Verbrennung, starke Blutung, Anaphylaxie

Lizenzmodell

Hinsichtlich der weiteren Lizenzierung des HMR-SanTrainSystems wurde aus den Rückmeldungen von Behörden und zivilen Ersthelferorganisationen folgendes gestaffeltes Lizenzmodell in erster Iteration erstellt:

Tabelle 6: Übersicht potenzieller Lizenztypen für das HMR-SanTrain System

Lizenztyp	Stk.	Inhalte	€/Headset/Jahr	Zielgruppe
Basic	1–5	3 Trainingsszenarien, Updates	auf Anfrage	Kleine Organisationen
Professional	6–20	alle Szenarien, Support, Reporting	auf anfrage	Mittelgroße Einheiten
Enterprise	21+	+ Schnittstellen, Individualisierung	auf Anfrage	Behörden, Landesstellen

Folgende Optionale Leistungen, Add-Ons und Zusatzdienstleistungen für die Weiterentwicklung bzw. die Unterstützung bei der Inbetriebnahme können mitangeboten werden:

- Extra Module (z. B. Unfall-Traumata, Kind, MANV)
- Grafisches Dashboard (für Ausbilder:innen)
- API-Zugang zur LMS-Integration
 - Alternativ, wenn kein LMS vorhanden: Reporting & Auswertung für Ausbildungsnachweise
- Onboarding & Train-the-Trainer Workshops
- Customizing (z. B. Einbindung eigener Szenarien)
- Wartung & Support-Paket (24/7 Hotline)
- Reine on-premises Option bzw. Reine offline Version für sensible Bereiche und Behörden

12 Anhang



Abbildung 17: Verwundeter Soldat auf Tragetuch (VR-App-View)



Abbildung 18: Verwundeter Soldat mit Blutlacke und Waffe (VR-App-View)