

**Masterarbeit**

**Zukunftsperspektive für die Verwendung  
von “Defibrillatoren“ in Simulationstrainings  
der Akut- und Notfallmedizin**

**Ein Vergleich von Simulations- versus Realgerät**

eingereicht von

**Dennis Kulina B.Sc.**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Master of Medical Simulation (MMS)**

ausgeführt im Rahmen des

**Universitätslehrgangs “Master of Medical Simulation (MMS)”**

unter Anleitung von

**Herrn OA Dr. med. Oliver Happel**

und

**Herrn Univ. FA Dr. med. univ. Thomas Wegscheider**

Bochum, am 22. Januar 2024

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Bochum, am 22. Januar 2024

Dennis Kulina eh.

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich jedem danken, der mich bei der Erstellung der vorliegenden Arbeit inspiriert, motiviert und in vielfältiger Weise unterstützt hat.

An erster Stelle möchte ich mich herzlichst bei Herrn Dr. med. Oliver Happel und Herrn Dr. med. univ. Thomas Wegscheider für die wissenschaftliche Betreuung und Begleitung dieser Arbeit bedanken. Ihre fachliche Expertise, konstruktive Anleitung und das entgegengebrachte Verständnis, haben einen wertvollen Beitrag zu meiner beruflichen Entwicklung geleistet.

Mein besonderer Dank gilt den Teilnehmer\*innen der durchgeführten Studie für ihre Beteiligung und das entgegengebrachte Vertrauen. Diese haben durch ihr engagiertes Mitwirken einen entscheidenden Beitrag geleistet, wichtige Erkenntnisse zu gewinnen.

Auch meiner Familie möchte ich danken, deren Verständnis mir die Ausübung einer unkonventionellen, dennoch höchst interessanten Erwerbstätigkeit erlaubt. Ihre Geduld hat die Absolvierung des Universitätslehrgangs und die Fertigstellung dieser Masterthesis erst möglich gemacht.

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
Eidesstattliche Erklärung .....	I
Danksagung .....	II
Inhaltsverzeichnis .....	III
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>V</b>
<b>Seite.....</b>	<b>V</b>
Abkürzungen .....	VI
<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>VII</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>VIII</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Bedeutung der Simulation in der Akut- und Notfallmedizin .....	2
1.2 Erforderliche Technik .....	4
1.3 Motivation und persönliches Interesse .....	6
1.4 Fragestellung .....	8
1.5 Struktur der Arbeit .....	9
<b>2 Methode .....</b>	<b>10</b>
2.1 Studiendesign .....	10
2.1.1 Theoretische Vorüberlegung zu dynamischen Vitalwerten.....	10
2.1.2 Standardisierung des Studiendesigns .....	10
2.1.3 Ablauf der Schulung und Datenerhebung .....	13
2.1.4 Setting .....	14
2.1.5 Teilnehmer*innen .....	16
2.1.6 Szenarien .....	19
2.2 Equipment.....	20
2.2.1 Simulationsgerät .....	21
2.2.2 Realgerät.....	22
2.2.3 Manikin.....	23
2.2.4 Notfallausrüstung .....	23
2.3 Datenerhebung .....	24
2.3.1 Studiendokumentation.....	25

2.3.2	Fragebögen.....	27
2.3.3	Datenauswertung Simulations- und Realgerät.....	29
<b>3</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>32</b>
3.1	Auswertung der Studiendokumentation.....	32
3.1.1	Auswertung der Protokolle.....	32
3.1.2	Auswertung der Ereignischecklisten.....	33
3.2	Auswertung Simulations- vs. Realgerät.....	34
3.2.1	Allgemeiner Gesamteindruck und physikalische Realität.....	34
3.2.3	Simulationserfahrung und Trainingseffekt.....	40
3.2.5	Einfluss auf Patient*innensicherheit.....	47
3.3	Vorbestehende Erfahrung und Erwartungshaltung.....	48
<b>4</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>52</b>
4.1	Allgemeiner Gesamteindruck und Physikalische Realität.....	52
4.2	Simulationserfahrung und Trainingseffekt.....	52
4.3	Einfluss auf Patientensicherheit.....	53
4.4	Vorbestehende Erfahrung und Erwartungshaltung.....	54
4.5	Forschungsfragen.....	55
4.6	Limitierungen.....	57
4.7	Konklusion.....	58
4.8	Zukunftsperspektive.....	59
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>62</b>
	<b>Anhang.....</b>	<b>65</b>
	Fragebogen 1.....	
	Fragebogen 2.....	
	Studiendokumentation.....	

# Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1: Simulations- vs. Realgerät im Corpuls C3T-Design.....	11
Abbildung 2: Corpuls Simulation .....	21
Abbildung 3: Trainingszubehör .....	22
Abbildung 4: Corpuls C3T .....	22
Abbildung 5: Protokoll der Studiendokumentation.....	26
Abbildung 6: Ereignischeckliste der Studiendokumentation .....	27
Abbildung 7: Gesamteindruck "Corpuls Simulation im C3T-Design" .....	35
Abbildung 8: Optik, Größe und Haptik.....	36
Abbildung 9: Display und Bedienelemente .....	37
Abbildung 10: Umsetzung Bedienbarkeit und Menüführung.....	38
Abbildung 11: Feedback und Reaktion.....	39
Abbildung 12: Simulationserfahrung Simulationsgerät .....	41
Abbildung 13: Simulationserfahrung Realgerät .....	41
Abbildung 14: Trainingseffekt Simulationsgerät .....	43
Abbildung 15: Trainingseffekt Realgerät .....	43
Abbildung 16: Realitätsnahe Notfallbedingungen .....	45
Abbildung 17: Defibrillation, Kardioversion u. Externer Schrittmacher .....	46
Abbildung 18: Einfluss auf Patientensicherheit.....	47
Abbildung 19: Darstellung dynamischer Vitalwerte .....	49
Abbildung 20: Durchführbarkeit von Elektrotherapie .....	50
Abbildung 21: Corpuls C3-Design .....	51

## Abkürzungen

ACCD	Automatic Chest Compression Device
AED	Automated External Defibrillator
ALS	Advanced Life Support
AR	Augmented Reality
ca.	circa
CPR	Cardiopulmonary Resuscitation
DRK	Deutsches Rotes Kreuz
EKG	Elektrokardiogramm
etCO <sub>2</sub>	endtidales Kohlendioxid
FA	Facharzt
i.o.	intraossär
i.v.	intravenös
IBP	invasiven Blutdruckmessung
MMS	Master of Medical Simulation
NIBD	nichtinvasiven Blutdruckmessung
OA	Oberarzt
ROSC	Return of Spontaneous Circulation
SpO <sub>2</sub>	pulsoxymetrisch gemessene Sauerstoffsättigung
VR	Virtual Reality
WLAN	Wireless Local Area Network

## Zusammenfassung

Hintergrund: Simulationsgeräte als virtueller “Defibrillator“, welche die Oberflächen der Realgeräte nachbilden, erfahren eine zunehmende Verbreitung und werden in Kombination mit Low-Fidelity-, Mid-Fidelity- und High-Fidelity-Simulatoren oder Schauspielpatient\*innen eingesetzt.

Ziel: Die Masterthesis untersucht die subjektive Einschätzung erzeugter Realitätsnähe und die Akzeptanz der Teilnehmenden bei der Verwendung von Simulationsgeräten als virtueller “Defibrillator“ basierend auf generierter Simulationserfahrung.

Methodik: Für die Beantwortung der Forschungsfragen wurde eine Studie mit kombinierten High-Performance-CPR-Szenarien konzipiert, welche Simulationserfahrung und Trainingseffekt auf Simulations- und Realgerät miteinander verglich. Gleichzeitig wurde eine Bewertung durchgeführt, um den allgemeinen Gesamteindruck und die physikalisch erzeugte Realität des Simulationsgerätes zu untersuchen.

Ergebnisse: Das Simulationsgerät “Corpuls Simulation“ erreicht hohe Werte bezüglich des allgemeinen Gesamteindrucks und in der Umsetzung der physikalischen Realität im Vergleich zum Realgerät. Die subjektive Bewertung der Simulationserfahrungen und der Trainingseffekte der Teilnehmenden zeigt identische Werte auf Simulations- und Realgerät. Die Ergebnisse vorbestehender Erfahrungen und Erwartungshaltungen lassen Rückschlüsse zu auf die Akzeptanz von Simulationsgeräten und die Erwartung der Teilnehmenden bezüglich der Nutzung virtueller “Defibrillatoren“ in Simulationstrainings der Akut- und Notfallmedizin.

Schlussfolgerungen: Der Einsatz virtueller “Defibrillatoren“ in Simulationstrainings führt zur Wahrnehmung hoher Realitätsnähe bei der Darstellung von Notfallsituationen. Die Studie zeigt, dass die Simulationserfahrungen und Trainingseffekte im Vergleich zum Einsatz von Realgeräte gleichwertig sind. Dies lässt die Folgerung zu, dass sich Simulationsgeräte für niederschwellige Trainings in allen Bereichen der Akut- und Notfallmedizin gleichermaßen eignen wie in Kombination mit High-Fidelity-Simulatoren innerhalb spezieller Simulationsformate.

## **Abstract**

Background: Simulation devices as virtual "defibrillators", which simulate the original screen of real devices, are becoming increasingly prevalent and are used in combination with low-fidelity, mid-fidelity and high-fidelity simulators or acting patients.

Goal: The master thesis aims to investigate the subjective evaluation of generated realism and user acceptance associated with simulation devices acting as virtual "defibrillators", driven by the simulated experiences.

Methodology: To answer the research questions, a study of combined high-performance CPR scenarios was designed, which compared the simulation experience and training effect on the simulation and real device. At the same time, an assessment was conducted to measure the overall perception and the physically generated reality of the simulation device.

Results: The "Corpuls Simulation" device achieves high scores in both the overall general impression and the replication of physical reality to the real device. Participants' subjective assessments of simulation experiences and training effects exhibit similar values for both simulated and real devices. Understandings drawn from participants' prior experiences and expectations provide insights into the acceptance of simulation devices and the incorporation of simulated "defibrillators" in acute and emergency medicine simulation trainings.

Conclusions: Implementing virtual "defibrillators" in simulation training results in the perception of a high degree of realism in the portrayal of emergency scenarios. The study demonstrates equivalent efficacy in simulation experiences and training effects when compared to the use of real devices. This leads to the conclusion that simulation devices are equally suitable for low-threshold training in all areas of acute and emergency medicine as they are in combination with high-fidelity simulators within special simulation formats.

# 1 Einleitung

Ergebnisse einer 2011 durchgeführten Metaanalyse belegen den positiven Effekt von Simulationstrainings auf die Patient\*innenversorgung in den Punkten Kompetenz, Wissen und Verhalten (vgl. Grande 2018: 146). Insbesondere im Bereich der Akut- und Notfallmedizin hat sich Simulation in der jüngsten Vergangenheit zu einer unverzichtbaren Methode im Bereich der Aus- und Weiterbildung der eingesetzten Fachkräfte entwickelt. Die Beteiligung der verschiedenen Fachrichtungen führt zu der Notwendigkeit, ein großes Spektrum vielfältiger Notfallsituationen abbilden zu müssen. Dies stellt für die Durchführung von Simulationstrainings in der Akut- und Notfallmedizin eine besondere Herausforderung dar. (vgl. Urban et al. 2018: 330). Eine weitreichende Etablierung von Simulationskonzepten und Simulationstrainings sowie deren Verfügbarkeit für alle beteiligten Akteure und Akteurinnen der Akut- und Notfallmedizin hat im Vergleich zur Luftfahrt oder anderen Hochrisikobereichen mit High-Performance-Teams bisher noch nicht stattgefunden. Zunehmend erfolgen Analysen zur Ermittlung des aktuellen und zukünftigen Bedarfs. Parallel findet eine kontinuierliche Etablierung von Fortbildungsprogrammen und eine Qualifizierung der Verantwortlichen statt.

Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung von Simulations- und Realgeräten, welche in Simulationstrainings der Akut- und Notfallmedizin als "Defibrillator" zum Einsatz kommen. Mittels in High-Performance-CPR-Szenarien erworbener Simulationserfahrung bewerten die Teilnehmer\*innen per Fragebogen verschiedene Items. Diese mit Hilfe der Studie generierten Ergebnisse werden in der vorliegenden Masterthesis analysiert und interpretiert, um abschließend in den wissenschaftlichen Kontext gesetzt zu werden.

Zur Optimierung von Fortbildungskonzepten ist weitere Forschung zur Teilnehmerzufriedenheit erforderlich, um Erkenntnisse zu Akzeptanz der Methode Simulation und Objektivierbarkeit ihrer Effizienz zu gewinnen (vgl. Marung et al. 2016: 548-553). Durch Untersuchung des Darstellungsgrades realitätsnaher Notfallsituationen und Akzeptanz der Teilnehmer\*innen soll die vorliegende Masterthesis ihren Beitrag leisten, während gleichzeitig Rückschlüsse auf die Praktikabilität der Verwendung von Simulations- versus Realgeräten gezogen werden können.

## **1.1 Bedeutung der Simulation in der Akut- und Notfallmedizin**

Die Literaturrecherche zeigt, dass die Wirksamkeit von Simulationstrainings in verschiedensten Fachbereichen der Medizin durch Publikationen belegt ist (vgl. Andreatta et al. 2011; Cook et al. 2011; Cook et al. 2012; Knight et al. 2014; Schaumberg, Schröder u. Sander 2017; Theilen et al. 2017; Sage-Rockoff, Ciardiello u. Schubert 2019). Zudem lassen sich positive Effekte aus Simulationsstudien auf die Verbesserung der Behandlungsergebnisse realer Patienten\*innen übertragen, was in mehreren Studien belegt wurde. (vgl. Trentzsch et al. 2012). Eine verbesserte Patient\*innenversorgung inklusive entsprechender Behandlungsergebnisse lässt sich speziell für die Geburtshilfe sowie Notfall- und Intensivmedizin belegen. Die positiven Auswirkungen von Simulationstrainings auf die Versorgung kritischer Kranker lassen sich durch eine höhere Rate erfolgreicher Reanimationen, der Verminderung letaler Komplikationen und einer reduzierten Sterblichkeit nachweisen (vgl. Moffatt-Bruce et al. 2019). Simulation als Ausbildungsmethode im Gesundheitswesen stellt somit eine zentrale Komponente zur Aufrechterhaltung hoher Standards in der Patient\*innenversorgung dar. Sie ermöglicht es medizinischem Personal, klinische Fertigkeiten in einer risikoarmen Umgebung zu erlernen, ohne Patienten\*innen einem realen Risiko auszusetzen.

Insbesondere in der Akut- und Notfallmedizin, bei welcher es sich um eine Schnittstelle verschiedener medizinischer Fachrichtungen handelt (vgl. McLaughlin et al. 2006), hat sich Simulation in der jüngsten Vergangenheit zu einer unverzichtbaren Methode im Bereich der Aus-, Fort- und Weiterbildung der eingesetzten Fachkräfte entwickelt. Der aktuelle Prozess der systemübergreifenden Professionalisierung der gesamten Notfallmedizin, für welchen die Einführung des Notfallsanitätergesetzes (NotSanG) im Jahr 2014 sowie die Einführung der Zusatzbezeichnung Klinische Akut- und Notfallmedizin im Jahr 2018 nur stellvertretend zu nennen sind, belegen die schnelle Weiterentwicklung. Herausragende Bedeutung erhält Simulation damit im besonderen Maße für Bereiche, in denen eine Anpassung an dynamische Situationen und notfallmedizinische Erfahrung für die Versorgungsqualität der Patient\*innen von entscheidender Bedeutung ist. Die besondere Herausforderung der Notfallmedizin ergibt sich auch aus der hohen Komplexität der Notfälle, einem ho-

hen Entscheidungsdruck und geringer Fehlertoleranz. Die Notwendigkeit einer zeitdringlichen Versorgung bei gleichzeitigem Vorliegen einer ständigen Dynamik erschwert dies zusätzlich (vgl. Urban et al. 2018: 311). Dabei stellt Simulation keinesfalls einen Selbstzweck dar, sondern soll immer dem Erwerb oder Erhalt einer bestimmten Kompetenz als höherem Ziel dienen (vgl. Breuer, 2018, S. 80). Lernprozessoptimierungen erfolgen ergänzend durch den wiederholten Einsatz von Simulation. Komplexe klinische Abläufe können dank beschleunigter Lernprozesse innerhalb kürzerer Zeit vermittelt und beherrscht werden (vgl. Knobel et al. 2018). Von entscheidender Bedeutung ist zudem das Instrument Feedback als zentrale und wichtige Säule der Simulation, weil Lernprozesse durch Feedback initiiert werden (vgl. Voyer u. Pratt 2011). Simulation ermöglicht damit als Lehrwehzeug, standardisierte Lehrinhalte curricular einzubinden, um diese wiederholbar und prüfbar zu vermitteln (vgl. Bugaj u. Nikendei 2016). Dies erfolgt in Abhängigkeit der realen Vorerfahrung sowie des Wissensstands der Trainierenden und bietet die Möglichkeiten, Fach- und Sozialkompetenz effektiv zu vermitteln (vgl. Stein et al. 2018: S. 133). Die Methode "Simulation" bietet zudem den erforderlichen sicheren Lernraum (vgl. Ziv et al. 2006). Positive Veränderungen des teambasierten Verhaltens geben zudem Hinweise darauf, dass Simulationstrainings mit den Schwerpunkten Situationsbewusstsein, Teamführung und Kommunikation im Idealfall halbjährlich wiederholt werden sollten (vgl. Doumouras et al. 2014).

Wie in diesem Kapitel dargestellt, ergab die Literatursuche besonders zur Bedeutung der Simulation sowie der Wirksamkeit von Simulationstrainings und den damit verbundenen Lernprozessen eine hohe Anzahl an Quellen. Eine Vielzahl der weiteren Treffer waren aus fachfremden Simulationsgebieten wie Luftfahrt und Militär mit deren Trainingsmodellen und zugehörigem Crew-Ressource-Management, welche hier nicht weiter ausgeführt wurden. Die fokussierte Suche zur Verwendung von Simulationsgeräten als "Defibrillator" oder dem direkten Vergleich dieser mit Realgeräten unter Simulationsbedingungen ergab hingegen keine Treffer zu wissenschaftlicher Literatur. Aus dem hier nur cursorisch darstellbaren Forschungsstand wurden die entsprechenden Forschungsfragen abgeleitet.

## 1.2 Erforderliche Technik

Grundsätzlich handelt es sich bei Simulation um Modellsituationen, welche die Versorgungssituation von Patient\*innen so realitätsnah wie möglich nachstellen, um ein Trainieren ohne Sicherheitsverlust zu ermöglichen (vgl. Droz et al. 2020: 12). Diese realitätsnahe Nachbildung der Wirklichkeit ermöglicht den Trainierenden, ein Simulationserlebnis zu generieren, welches im Nachgang innerhalb eines Debriefings besprochen wird. Die eigene Reflexion der Trainierenden innerhalb des Debriefings ist für den Lernprozess essenziell, da diese Voraussetzung für den Transfer der Erkenntnisse in zukünftigen realen Versorgungssituationen ist. Zusätzlich können Instruktor\*innen den Trainierenden, unter Nutzung einer Audio-Video-Anlage, ausgewählte Videosequenzen des Szenarios während des Debriefings zugänglich machen, um diese in ihrem Reflexionsprozess zu unterstützen (vgl. Jaki et al. 2018: 28).

Zur Durchführung von Simulationstrainings stehen verschiedenste Ansätze und technische Optionen zur Verfügung, welche sich bezüglich ihrer Anwendungsbereiche, -möglichkeiten und -grenzen erheblich unterscheiden.

Deren Einordnung erfolgt traditionell in Bezug auf ihre Nutzungsausrichtung in Part-Task-Trainer, Algorithmus-Trainer und Szenario-Trainer, um das Verhalten innerhalb einer Situation oder innerhalb eines Prozesses zu imitieren. Part-Task-Trainer sind Simulatoren, welche speziell darauf ausgerichtet sind, bestimmte Teilaspekte komplexer Tätigkeiten oder Prozesse mit Fokussierung auf spezifische Fertigkeiten zu vermitteln und wiederholt zu üben. Hingegen werden Algorithmus- und Szenario-Trainer bereits für die Absolvierung vollständiger Szenarien und Teamtrainings genutzt. Eine weitere Einordnung der Manikins kann, bezogen auf den gebotenen Realitätsgrad, in Fidelity für "Treue" bzw. "Genauigkeit" als Low-Fidelity, Mid-Fidelity und High-Fidelity vorgenommen werden. Low-Fidelity-Trainer bieten den Trainierenden nur sehr eingeschränkte Rückmeldungen und dienen als einfache Übungsmodelle dem Üben klar definierter Abläufe. High-Fidelity-Simulatoren hingegen werden durch Instruktor\*innen gesteuert und bieten die Darstellung einer Vielzahl an Vitalparametern. Neben diesen verfügen sie über periphere und zentrale Pulse, stellen Atembewegungen und Atemmuster dar und bieten Auskultationsbefunde bis hin zu Pupillenreaktionen auf Lichteinfall. Diese sind in der Lage, auf Interaktion mit den

Trainierenden durch veränderte Vitalparameter zu reagieren und bieten ein hohes Maß an Realitätsnähe (vgl. Stein 2018).

Im Idealfall werden Simulationen als sogenannte In-Situ-Trainings in der realen Arbeitsumgebung der Trainierenden durchgeführt, da das Training von Standard- und Ausnahmesituationen in normaler Arbeitsumgebung einen wichtigen Faktor für das Erreichen eines hohen Realitätsgrades darstellt. Zur Umsetzung kann der Full-Scale-Simulator beispielsweise inklusive des gesamten Equipments und Audio-Videoanlage im Schockraum oder auf der Intensivstation installiert werden (vgl. Müller u. Timmermann 2018).

Weitere Simulationsmodalitäten, die realitätsnahe Analogien von Arbeitsprozessen zu Studien- und Ausbildungszwecken darstellen können, sind Virtuelle Simulation, Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR), auf welche im Kontext dieser Arbeit nicht näher eingegangen werden soll. Diese ermöglichen es den Trainierenden, innerhalb computergenerierter virtueller Umgebung zu interagieren oder realistisch wirkende immersive Erfahrungen innerhalb einer virtuellen oder erweiterten Realität zu erleben. Auch der Einsatz von Simulationspatient\*innen, die in medizinischen Trainingsszenarien als Patient\*innen agieren und realistische Interaktion ermöglichen, soll nicht näher ausgeführt werden.

### **1.3 Motivation und persönliches Interesse**

In Anbetracht der in 1.1 und 1.2 ausgeführten zunehmenden Bedeutung von Simulation und Befürwortung einer Themenauswahl aus dem beruflichen Umfeld seitens der Medizinischen Universität Graz, hat der Autor sich für einen Vergleich von Simulations- und Realgerät im Rahmen einer Studie entschieden, welche in Simulationstrainings der Akut- und Notfallmedizin als "Defibrillator" zum Einsatz kommen. Die Darstellung dynamischer Vitalwerte und die Durchführbarkeit von Elektrotherapie sind pädagogisch sinnvoll und für den Kompetenzerwerb relevante Funktionen. Diese beeinflussen den Detailgrad der Simulation und den Trainingserfolg maßgeblich, ohne, dass diese bisher flächendeckend zur Verfügung stehen. Selbst die Vorhaltung kostenintensiven Trainingsequipments oder die Verfügbarkeit von Realgeräten bieten möglicherweise die für das Training geforderten Funktionen nicht oder erfordern wegen Inkompatibilität einen kombinierten Nutzen verschiedener Produkte.

Der Autor ist ursprünglich Notfallsanitäter und hat einen B.Sc. in Rescue- and Emergency Medicine erworben. Er verfügt neben notfallmedizinischer Expertise über langjährige Erfahrung in der Notfallrettung und Intensivtransport sowie der Durchführung internationaler Repatriierungen im Ambulanzflugdienst. Seit 2008 beteiligt er sich als Instruktor und Trainer an der Durchführung von Full-Scale-Simulationen im präklinischen und klinischen Bereich mit den Schwerpunkten Notfallmedizin und Mobile Simulation. Seit dem Jahr 2020 wird dieser, als Healthcare Simulation Consultant, durch die Firma 3B Scientific GmbH als global agierendes Unternehmen beauftragt, welches sich in zunehmendem Maße an der Entwicklung von Simulationsprodukten und der strategischen Erweiterung ihres Produktportfolios durch Akquisition weiterer Unternehmen auszeichnet. Diese Consultingleistung beinhaltet eine Beteiligung an der Weiterentwicklung der Anwendungssoftware iSimulate, 3B Scientific GmbH, Hamburg, Deutschland um die Bereiche Beatmungs-, Auskultations- sowie Ultraschallsimulation und die Produktentwicklung systemintegrierbarer Manikins. Ergänzend dazu wird der Autor für internationale Messen gebucht und wird mit der Beratung von Universitäten, Kliniken, Bildungsträgern und Behörden betraut. Ergänzend wird eine freiberufliche Tätigkeit als Compliance-Auditor für Cardiac Arrest Center im deutschsprachigen Raum ausgeübt. Durch die zu

zertifizierenden Kliniken erhält der Autor Einsicht in Fortbildungskonzepte und konnte eigene Erfahrungen mit zukunftsweisenden Simulationsformaten für Cardiac Arrest Receiving Teams, Vasculärer Simulation und Extracorporeal Life Support machen. Durch seine Tätigkeit als Consultant in der Entwicklung des marktbegleitenden Simulationsgerätes iSimulate könnte ein Conflict of Interest für diese Studie bestehen. Um dies auszuschließen, wurden für die Studie Simulations- und Realgerät der Firma corpuls GS Elektromedizinische Geräte G. Stemple GmbH ausgewählt. Der Autor dieser Studie unterhält keinerlei geschäftliche Beziehungen zu dem Hersteller des in der Studie verwendeten Simulations- und Realgeräts. Dadurch garantiert er seine Unabhängigkeit und Objektivität in der Bewertung und Analyse der Ergebnisse. Die Bereitstellung von Simulations- und Realgerät für die Durchführung der Studie erfolgte durch Corpuls GS Elektromedizinische Geräte G. Stemple GmbH ohne Gegenleistung und Einfluss auf die Studie.

Zur Gewährleistung der wissenschaftlichen Integrität der Studie wurde bei Erstellung des Studienprotokolls hoher Wert auf die korrekte Durchführung der Randomisierung als zentralem Element eines experimentellen Forschungsdesigns gelegt. Das Studienprotokoll wurde im Anschluss mit einem Expertenpanel bestehend aus Ärzten, Berufspädagogen, Instruktoren und Notfallwissenschaftlern diskutiert und modifiziert. Identisch wurde mit den beiden Fragebögen verfahren, um eine hohe Effektivität, Validität und Zuverlässigkeit sicherzustellen. Ergänzend dazu erfolgte ein Pretest der Fragebögen und wurden diese zirkulär mit dem Erstbetreuer finalisiert. Zur Standardisierung des Studiendesigns wurden ausschließlich Funktionen berücksichtigt, welche auf Simulations- und Realgerät identisch zur Verfügung standen. Um eine komparative Simulationserfahrung zu gewährleisten, wurden erforderliche Einstellungen über die Anwenderkonfiguration beider Geräte vorgenommen. Der Vergleich von Simulations- versus Realgerät erfolgt unter konsequenter Verwendung von Präzisierungen der Fragestellungen. Bei zielgerichtetem direktem Vergleich zwischen Simulations- und Realgerät wurde die Präzisierung "im direkten Vergleich zur Verwendung des Realgeräts" innerhalb der Fragestellung genutzt. Variierend dazu wurden Fragestellungen, die spezifisch auf eine Bewertung des Simulationsgerätes in Bezug auf das Realgerät abzielten, mit der Präzision "im Vergleich mit dem Realgerät" innerhalb der Fragestellung versehen.

## 1.4 Fragestellung

Um die zukunftsprospektive Verwendung von "Defibrillatoren" in Simulationstrainings der Akut- und Notfallmedizin zu untersuchen, wird ein Vergleich von Simulations- versus Realgerät im Kontext einer Machbarkeitsstudie durchgeführt. Die Darstellung von dynamischen Vitalwerten sowie die Durchführung der manuellen Defibrillation im Zusammenhang mit Advanced Life Support (ALS) scheinen für die Studie, aufgrund hoher Dynamik und Einbindung aller Teilnehmer\*innen, in besonderem Maße geeignet. Darüber hinaus sind diese Szenarien für alle in der akut- und notfallmedizinischen Versorgung involvierten Akteure sowohl interprofessionell als auch interdisziplinär von hoher Relevanz, was eine Übertragungsfähigkeit der Ergebnisse auf andere Berufsgruppen und Anwendungsbereiche erwarten lässt. Bei algorithmusbasiertem Vorgehen versprechen diese, vergleichbare Simulationserfahrungen zu generieren, ermöglichen den Teilnehmern\*innen Bewertungen, welche im Nachgang Rückschlüsse auf erreichte Realitätsnähe sowie Akzeptanz ziehen lassen und bauen auf die vorbestehende Simulationserfahrung der Teilnehmer\*innen auf. Daraus wurden folgende Forschungsfragen hergeleitet, welche im Rahmen einer Machbarkeitsstudie die zukunftsprospektive Verwendung von "Defibrillatoren" in Simulationstrainings der Akut- und Notfallmedizin mittels einer vergleichenden Erhebung von Simulations- versus Realgerät untersuchen sollen.

Die Forschungsfrage 1 mit den zugeordneten Items der Studie soll analysieren, ob die mit dem Simulationsgerät generierte Simulationserfahrung den Anspruch einer hohen Realitätsnähe bietet.

*"Ist die Realitätsnähe von Simulationsgeräten aus der Perspektive der Anwender\*innen ausreichend?"*

Die Forschungsfrage 2 mit den zugeordneten Items der Studie soll erforschen, ob Realitätsnähe eine Vorhersagevariable für Akzeptanz bei der Verwendung von Simulationsgeräten ist.

*"Ist die Realitätsnähe in der Anwendung von Simulationsgeräten ein Prädiktor für Akzeptanz?"*

Die Forschungsfrage 3 soll mit Unterstützung der in der Studie auf Simulations- und Realgerät absolvierten Szenarien untersuchen, wie hoch die Quote anwendungsbezogener Fehler im Vergleich ist.

*“Wie hoch ist die Quote anwendungsbezogener Fehler im Vergleich Simulations- vs. Realgerät?”*

## **1.5 Struktur der Arbeit**

Die nachfolgenden Kapitel der vorliegenden Arbeit zum Thema “Zukunftsperspektivische Verwendung von “Defibrillatoren“ in Simulationstrainings der Akut- und Notfallmedizin“ bauen auf dieser Einführung auf, vertiefen das Verständnis des Themas und dienen als Leitstruktur der gesamten Masterthesis. In Kapitel 2 wird zunächst auf das Studiendesign, gefolgt von Entwicklung und Planung der Studie, näher eingegangen. Anschließend wird das Setting, die Zusammensetzung der Teilnehmer\*innen sowie die verwendeten Szenarien erörtert. Unter Equipment folgen detaillierte Ausführungen zu den verwendeten technischen Komponenten der Studie. Abschließend werden die Datenerhebung inklusive des Fragebogendesigns und die Datenauswertung dargestellt. Kapitel 3 konzentriert sich auf die Auswertung der Studiendokumentation, des Fragebogens “Auswertung Simulations- vs. Realgerät“ sowie der Betrachtung der vorbestehenden Erfahrung und Erwartungshaltung der Teilnehmer\*innen. Zunächst wird die Studiendokumentation, bestehend aus den die Szenarien beinhaltenden Protokollen und den vom versuchsleitenden Team geführten Ereignischecklisten einer gründlichen Überprüfung unterzogen, um auf spezifische Beobachtungen einzugehen. Anschließend wird im zentralen Abschnitt auf die Analyse der Ergebnisse des Fragebogens “Auswertung Simulations- versus Realgerät“ auf die Bereiche allgemeiner Gesamteindruck und physikalische Realität, Simulationserfahrung und Trainingseffekt sowie Einfluss auf Patientensicherheit eingegangen. Abschließend erfolgt im Ergebnisteil die Auswertung vorbestehender Erfahrungen und Erwartungshaltungen. In Kapitel 4, der Diskussion werden die in Kapitel 3 präsentierten Forschungsergebnisse in chronologischer Reihenfolge aufgegriffen und im Kontext zu den Forschungsfragen und relevanter Literatur analysiert. Abschließend werden Limitierungen, Konklusion und Zukunftsperspektive ausgeführt.

## **2 Methode**

Im folgenden Abschnitt wird das Studiendesign beschrieben, das verwendete Equipment vertiefend dargestellt sowie auf die Datenerhebung und Datenauswertung näher eingegangen.

### **2.1 Studiendesign**

Nachfolgend wird im Anschluss an die theoretische Vorüberlegung zu dynamischen Vitalwerten auf die Standardisierung des Studiendesigns eingegangen.

#### **2.1.1 Theoretische Vorüberlegung zu dynamischen Vitalwerten**

Die Darstellung dynamischer Vitalwerte und die Durchführung von Elektrotherapie in Simulationstrainings der Akut- und Notfallmedizin trägt durch Verbesserung der Kompetenzen dazu bei, die Qualität der Aus-, Fort- und Weiterbildung zu steigern und die Patientenversorgung zu optimieren. Dynamische Vitalwerte in Echtzeit ermöglichen den Trainierenden, realistische und praxisnahe Trainingserfahrungen in komplexen Notfallsituationen zu generieren. Durch die Verfügbarkeit von Herzfrequenz, Blutdruck, Sauerstoffsättigung und weiterer Vitalwerte können diese die Auswirkungen ihrer medizinischen Interventionen direkt beobachten und bewerten. Veränderte Vitalwerte konfrontieren die Trainierenden mit der für die Akut- und Notfallmedizin bedeutenden Notwendigkeit der wiederholten Beurteilung von Patientenzuständen, der Entscheidungsfindung unter zeitlichem Druck und der Therapieanpassung. Die Anwendung von Elektrotherapie im Rahmen der Simulation ermöglicht es den Trainierenden zudem, diese Technik in einem sicheren Umfeld ohne Patientengefährdung zu üben. Die Durchführung realistischer interdisziplinärer Szenarien unter Darstellung dynamischer Vitalwerte und Anwendung von Elektrotherapie erzeugen ein stressfreies Umfeld hoher Realitätsnähe.

#### **2.1.2 Standardisierung des Studiendesigns**

Corpuls vertreibt als einziger Hersteller von Defibrillatoren, welche in Präklinik und Klinik große Verbreitung gefunden haben, zeitgleich ein Simulationsgerät, das die Durchführung von Trainings mit Low-Fidelity-, Mid-Fidelity- und High-Fidelity-Manikins und Schauspielpatienten\*innen ermöglicht. Das Simulationsgerät "Corpuls Simulation", corpuls GS Elektromedizinische Geräte G. Stemple GmbH, Kaufering,

Deutschland bietet die Möglichkeit zur dynamischen Darstellung aller auf dem Realgerät verfügbaren Vitalwerte und Bildschirmdesigns sowie die optionale Anpassung der Nutzerkonfigurationen. Zusätzlich zur Darstellung dynamischer Vitalwerte bietet es die Möglichkeit zur simulierten Durchführung von Defibrillation und Kardi-  
version und die simulierte Anwendung eines externen Schrittmachers.

Für den Versuchsaufbau fällt die Entscheidung auf die Simulationssoftware des aktuellen Model Corpuls C3T, corpuls GS Elektromedizinische Geräte G. Stemple GmbH, Kaufering, Deutschland weil dieses identisch dem Simulationsgerät über einen Touchscreen mit berührungsempfindlicher Oberfläche im Displaybereich verfügt und größtmögliche Ähnlichkeit in der Bedienung aufweist (vgl. Abbildung 1). Zudem sind Funktionen und Menüführung des Defibrillators durch die große Verbreitung des Vorgängermodel Corpuls C3, corpuls GS Elektromedizinische Geräte G. Stemple GmbH, Kaufering, Deutschland vielen Anwender\*innen bereits hinreichend bekannt.



**Abbildung 1: Simulations- vs. Realgerät im Corpuls C3T-Design (Eigene Darstellung, Kulina 2023)**

Zur Standardisierung des Studiendesigns wurden zwei mit Ausnahme des Vorhandenseins von Simulations- oder Realgerät technisch identisch ausgestatteten Trainingsflächen geplant. Auf dem jeweils genutzten Simulationsgerät “Corpuls Simulation im C3T-Design“ und dem Realgerät “Corpuls C3T“ wurden, um komparative Simulationserfahrungen zu gewährleisten, für die Durchführung der High-Performance-CPR-Szenarien, ausschließlich Features aktiviert, welche beide Geräte gleichermaßen unter Verwendung des ausgewählten Manikins abbilden können. Auf beiden Geräten wurde in der Anwenderkonfiguration die Aktivierung des manu-

ellen Modus ohne AED-Funktion, die Nutzung von Energievorgaben ohne Eskalation und die Verwendung eines Metronoms mit der Frequenz von 110 pro Minute vorgenommen. Zeitgleich wurde zu Gunsten der Komparabilität wegen fehlender technischer Umsetzbarkeit zur Darstellung von CPR-Artefakten auf dem Realgerät auf die Verwendung von CPR-Sensoren während der zu absolvierten Szenarien verzichtet. Das in den vorbereitenden Praxisstationen über einen CPR-Sensor generierte CPR-Feedback wurde, während der Szenarien der Datenerfassung durch Rückmeldungen eines CPR-Coaches ersetzt. Diese erfolgten auf Grundlage des Abgleichs von Metronom und Thoraxkompressionen sowie subjektivem Empfinden adäquater Drucktiefe und Entlastung.

Das Forschungsdesign der Studie beinhaltete bewusst keine Qualitätsmessung der Thoraxkompressionen, um die Fokussierung auf die für die Forschungsfragen signifikanten Aspekte Realitätsnähe und Akzeptanz bei der Darstellung dynamischer Vitalwerte und der Durchführung der Defibrillationen zu gewährleisten.

Eine frühe Überlegung zur Integrierung einer Thoraxkompressionshilfe (ACCD) in den Reanimationsablauf, wurde wegen schlechter Studienergebnisse verworfen (vgl. Hardig et al. 2017: 155-162; vgl. Perkins et al. 2015: 947-955). Erschwerend wurde berücksichtigt das die Nutzung, trotz zunehmender Verbreitung, den Schulungsbedarf unverhältnismäßig erhöht hätte. Zudem wäre die technische Anbindung und Interaktion mit dem Simulationsgerät, im Gegensatz zum Realgerät, wo diese bereits vollständig etabliert ist, noch nicht vollumfänglich darstellbar gewesen.

Bei der Entwicklung des Studiendesigns schien ein mehrstufiges Vorgehen unerlässlich. Zur Bias-Vermeidung wurde die Entscheidung getroffen in Vorbereitung auf die praktische Durchführung der Studie, vor Absolvierung der Szenarien zur Datenerhebung eine High-Performance-CPR-Schulung durchzuführen. Durch vorherige theoretische Schulung mit hohen Praxisanteilen wurde sichergestellt, dass das Studienprotokoll hinreichend bekannt war und eine angemessene Familiarisierung mit dem Trainingsprozess bereits im Vorfeld erfolgte. Die Teilnehmer\*innen waren angehalten, die Szenarien zur Vermeidung von Fehlern nach festgelegten Standards zu absolvieren. Die einheitliche Anwendung des Protokolls, bereits in der Trainingsphase diente der Effizienzsteigerung und Qualitätssicherung innerhalb des Studienverlaufes.

### **2.1.3 Ablauf der Schulung und Datenerhebung**

An den drei Tagen der Datenerhebung erfolgte eine Schulung zu High-Performance-CPR mit einer Zeitdauer von insgesamt vier Stunden zur Vorbereitung auf den datenerhebenden Teil. Diese teilte sich in einen Vortrag zur High-Performance-CPR, einen Workshop zur Interpretation von Rhythmusstörungen und die Durchführung von sechs Praxis-Pods auf. In dem initialen Vortrag von 45 Minuten wurden die fünf Kernpunkte zur Durchführung einer High-Performance CPR mit den Teilnehmenden erarbeitet. Dies beinhaltete die Kernpunkte optimale Thoraxkompressionen mit einer Frequenz von 100 – 120 pro Minute, eine ausreichende Kompressionstiefe von > 50 Millimeter und die Minimierung von Unterbrechungen, um eine Chest Compression Fraction von > 80% zu erzielen. Ergänzend dazu wurde detailliert auf die Notwendigkeit einer vollständigen Entlastung nach Thoraxkompression und die Kontrolle der Beatmung zur Vermeidung von Hyperventilation eingegangen. Abschließend wurde der Vortrag nach einer kurzen Pause durch einen 30-minütigen Workshop zur Interpretation von Rhythmusstörungen im Kontext des Advanced Life Supports zur Kompetenzentwicklung Indikationsstellung manueller Defibrillation ergänzt. Im Anschluss erfolgte die Einweisung der Teilnehmenden auf die Trainingsstationen und die Notfallausrüstung inklusive des Simulationsgerätes unter Verwendung einer generischen Oberfläche. Für den vorbereitenden Teil der Studie wurden den Teilnehmenden Frequenz, Drucktiefe und Entlastung der Thoraxkompressionen per CPR-Feedbacksensor dargestellt. Während der Praxis-Pods wurden diese zudem mit dem Rotieren der Positionen "Airway", "Thoraxkompression" und "Defibrillator", dem Zeitmanagement und der Durchführung der Defibrillation vertraut gemacht. Im Anschluss erfolgten in den sechs Praxis-Pods Trainingseinheiten zum initialen Assessment, Thoraxkompressionen und zur Anwendung kontrollierter Beatmungen. Theoretischer Input und praktische Skills wurden im Anschluss jeweils direkt in den Gesamtablauf integriert und trainiert. Im Anschluss dazu wurde die kombinierte Durchführung von Thoraxkompressionen mit intermittierenden kontrollierten Beatmungen und die korrekte Durchführung der Defibrillation implementiert. Abschließend erfolgte die konsequente Einführung zielführender Kommunikation und die Verwendung standardisierter Kommandos, bevor pro Team drei Komplettabläufe trainiert wurde. Der identische Aufbau der folgenden Praxis-Pods auf den

Trainingsstationen in der Vorbereitungsphase ermöglicht eine optimale Eingewöhnung auf die ALS-Szenarien zur Datenerhebung und reduziert die Wahrscheinlichkeit neu auftretender Probleme in den Abläufen. Während der Absolvierung der Praxistrainings im vorbereitenden Teil der Veranstaltung standen den Teilnehmern zwei identische Stationen zur Verfügung, um die Trainingsintensität zu maximieren. Der aktive Anteil der Trainingszeit in den Praxistrainings lag durch Krankheitsausfälle und resultierender Anpassung der Gruppengröße bei 100% pro Teilnehmer. Der Fokus aller Trainingsdurchläufe sollte auf High-Performance-CPR unter Minimierung der Hands-Off-Time während der Defibrillation, der korrekten Entscheidungsfindung und Durchführung der Defibrillation und der Verwendung eines Feedbacksystems liegen. An dieser Stelle wurde der Funktion des CPR-Coaches besondere Bedeutung beigemessen, der im Verlauf des Szenarios wiederkehrend Rückmeldung zur Qualität der Thoraxkompressionen an das Team zurückmeldete. Da für die spätere Durchführung der Studie entscheidend, wurde auf die konsequente Einhaltung der Protokolle und des vorgegebenen Zeitmanagements geachtet.

#### **2.1.4 Setting**

Die Szenarien wurden auf zwei mit Ausnahme des Vorhandenseins von Simulations- oder Realgerät technisch identisch ausgestatteten Trainingsflächen im Wechsel absolviert und im Anschluss gegeneinander mittels Fragebogen bewertet. Die Trainingsflächen bestanden optisch deutlich abgegrenzt aus einer Schutzmatte in der Größe 2,40m x 1,80m. Das Manikin als zentraler Bestandteil der Trainingsfläche war für das Team frei zugänglich. Die Teilnehmer\*innen starteten innerhalb eines randomisierten Drei-Personen-Teams auf den drei Positionen "Airway", "Thoraxkompression" und "Defibrillator" auf Simulations- und Realgerät. Dabei absolvierten diese in identischer Teamkonstellation, im Rahmen der Datenerhebung, startend auf Simulations- und Realgerät oder Real- und Simulationsgerät, jeweils im Wechsel drei kombinierte Szenarien. Diese verglichen die Teilnehmer\*innen im Anschluss miteinander in Bezug auf die persönliche Simulationserfahrung und bewerteten diese subjektiv mittels standardisierten Fragebogens.

Die ALS-Szenarien starteten mit dem Auffinden einer bewusstlosen Person ohne Lebenszeichen, welche unverzüglich High-Performance-CPR erhielt, bei

gegebener Indikation initial defibrilliert wurde und im Anschluss weitere fünf Rhythmusanalysen durchlief. Die Vorbereitung der Defibrillation erfolgte während laufender Thoraxkompression, nachdem die Defibrillationselektroden auf dem Manikin aufgebracht wurden, und im weiteren Verlauf bei 1:45 Minute nach der letzten Rhythmusanalyse durch Vorladen des Defibrillators mit der herstellerseitig vorgegebenen Energie von 200 Joule. Parallel erfolgte während der Durchführung der CPR eine Pulskontrolle in der Leiste, um bei Vorliegen eines Rhythmuswechsels hämodynamische Auswurfleistung ohne Verzögerung detektieren zu können. Bei 1:55 Minute trat die Position "Airway" seitlich an die Position "Thoraxkompression" heran, um diese während der Rhythmusanalyse einzunehmen. Nach 2:00 Minute wurde die Thoraxkompression für die Analyse des vorliegenden Rhythmus für maximal 5 Sekunden unterbrochen. Das Vorliegen eines hyperdynamischen Ereignisses wie "Kammerflimmern" oder "Pulslose Ventrikuläre Tachykardie" indizierte die Durchführung der Defibrillation durch Auslösen der vorgeladenen Energie. Bei alternativem Vorliegen eines hypodynamischen Ereignisses wie "Asystolie" oder "Pulslose Elektrische Aktivität" war keine Indikation zur Defibrillation gegeben. Es erfolgte ein manuelles Entladen oder es wurde das geräteseitige Entladen des Defibrillators nach insgesamt 30 Sekunden abgewartet. Im Anschluss an die Rhythmusanalyse und bedarfsweise Durchführung der Defibrillation erfolgte die unverzügliche Wiederaufnahme der Thoraxkompressionen, während die Position "Thoraxkompression" sich auf die Position "Defibrillator" begab und diese auf die Position "Airway" rotiert. Durch die Rotation der Positionen "Airway", "Thoraxkompression" und "Defibrillator" entfielen auf jedes Teammitglied zwei Rhythmusanalysen pro Szenario. Die Szenarien endeten nach Wiederaufnahme der Thoraxkompression im Anschluss an die sechste Rhythmusanalyse ohne Wiedereinsetzen eines Spontankreislaufes (ROSC).

Mit Ausnahme der Atemwegssicherung im Anschluss an die erste Rhythmusanalyse, durch Einlage der extraglottischen Atemwegsalternative Larynxtubus inklusive Magensonde, wurde auf erweiterte Maßnahmen verzichtet. Die frühzeitige Atemwegssicherung ermöglichte leitlinienkonforme unterbrechungsfreie Thoraxkompressionen, mit Fokussierung auf die Trainingsziele "Erzielen einer möglichst hohen Chest Compression Fraction" und "Durchführung der Elektrotherapie".

### **2.1.5 Teilnehmer\*innen**

Die Teilnehmer\*innen setzen sich aus Auszubildenden zum/zur Notfallsanitäter\*in in Vollzeit zusammen, welche im zweiten Lehrjahr bereits die Hälfte ihrer 3-jährigen Ausbildung absolviert haben. Zu diesem Zeitpunkt verfügen die Teilnehmer\*innen über ausreichend Praxiserfahrung in der präklinischen notfallmedizinischen Versorgung von Notfallpatienten und haben im Rahmen ihrer Ausbildung die curricular vorgesehenen Klinikpraktika in notfallrelevanten Bereichen durchlaufen. Das Vorhandensein großer Erfahrung im Nutzen von Simulationsgeräten innerhalb der Berufsschule und das anteilig ähnliche Vorliegen von Erfahrungen auf dem Realgerät aus dem Einsatzdienst bestätigt die Entscheidung zur Auswahl der Teilnehmer\*innen.

Die Auszubildenden zum Notfallsanitäter\*innen der am Rettungsdienst beteiligten Hilfsorganisationen der Stadt Dortmund und Feuerwehren unmittelbar angrenzender Kommunen durchlaufen am Ausbildungszentrum des DRK Kreisverbandes Dortmund die schulischen Anteile ihrer Ausbildung. Die Durchführung der High-Performance-CPR-Schulung und die Datenerhebung erfolgten innerhalb eines regulären Schulblocks und der Schulungsinhalt war im Vorfeld noch nicht Bestandteil der Ausbildung. Voraussetzung für die freiwillige Teilnahme an der Studie seitens der Teilnehmer\*innen war die Zustimmung zur Durchführung der praktischen High-Performance-CPR-Szenarien und die Bereitschaft, diese im Anschluss mittels Fragebogen zu bewerten.

Die Teilnehmer\*innen wurden eine Woche vor Durchführung der Studie durch den Studienleiter über Studienzweck, -inhalt und Studiendesign persönlich informiert und erhielten die Möglichkeit, Fragen zu stellen. Mit dem Bildungsträger wurde bereits im Vorfeld vereinbart, dass die Teilnehmer\*innen auf freiwilliger Basis an der Studie teilnehmen und ihre Zusage jederzeit ohne Nachteile revidieren können. Zur Anonymisierung aller Teilnehmer\*innen erfolgte die randomisierte Vergabe von Pseudonymen, in diesem Fall Wirkstoffnamen von Notfallmedikamenten, die auf allen studienbezogenen Dokumenten genutzt wurden und im Nachgang keine weiteren Rückschlüsse auf die Identität zuließen.

Bei keinem der Teilnehmer\*innen bestanden im Vorfeld mit dem in der Studie verwendeten Simulationsgerät "Corpuls Simulation" noch dem Realgerät "Corpuls

C3T“ Vorerfahrungen. Vor Beginn der Szenarien zur Datenerhebung erfolgte eine identische Einweisung in die zu verwendenden Funktionen, um Simulationsartefakte während der Studie zu vermeiden.

Alle verwendeten Funktionen und die gesamte Menüführung auf Simulations- und Realgerät waren den Teilnehmer\*innen durch die Verwendung des Vorgängermodells “Corpuls C3“ ohne Touchfunktion aus dem Einsatzdienst bereits bekannt. Überdies bestanden weitreichende Erfahrungen mit dem Simulationsgerät eines Fremdherstellers, welches die Bedienoberfläche ihres Realgerätes nachbildet im Bereich der schulischen Ausbildung.

Nach Auskunft des Ausbildungsträgers bestand bei keinem der Teilnehmenden Vorerfahrung mit High-Fidelity-Simulation. Die Absolvierung zertifizierter Kursformate wurde verneint. Die Simulationsvorerfahrung der Teilnehmenden beschränkte sich auf die Verwendung des AmbuMan Advanced der Firma Ambu, welcher Airwaymanagement und i.v.- bzw. i.o.-Zugangswege ermöglicht bei paralleler Verwendung des qube3 EKG-Patientensimulators der Firma Skillqube. In dieser Kombination wurden innerhalb des Ausbildungszentrums Realgeräte nicht genutzt und es wurde auf die Ableitung von Elektrokardiogrammen sowie die Durchführung realer Elektrotherapie über den AmbuMan verzichtet.

Die Gruppe der Teilnehmer\*innen wies ein Durchschnittsalter von 22 Jahren auf und bestand zu 75% aus männlichen und 25% aus weiblichen Teilnehmern, bei einem Minimum von 19 und Maximum von 25 Jahren. Die Abfrage bereits erworbener beruflicher Vorerfahrung, vor Beginn der Ausbildung zum/zur Notfallsanitäter\*in, im Rettungsdienst und/oder im Gesundheitswesen wurde von 58,3% mit 0-2 Jahren und von 8,3% mit 2-4 Jahren durch die Teilnehmer\*innen angegeben. Eine Anforderung an die Qualifikation für Berufserfahrung im Rettungsdienst und im Gesundheitswesen wurde definiert. Als Mindestqualifikation wurde für den Rettungsdienst die Qualifikation Rettungshelfer und für das Gesundheitswesen eine mindestens zweijährige Ausbildung vorgegeben.

Keine Berufserfahrung im Rettungsdienst oder Gesundheitswesen vor Beginn der Ausbildung zum/zur Notfallsanitäter\*in wurde von nur 33,3% der Teilnehmer\*innen angegeben. Ein alleinig existierendes Vorliegen von Berufserfahrung im Gesund-

heitswesen wurde nicht genannt, wohingegen 13,9% der Teilnehmer\*innen zeitgleich zusätzliche 0 bis 2 Jahre Berufserfahrung im Gesundheitswesen zur rettungsdienstlichen Vorerfahrung angeben konnten. Der zeitliche Zusammenhang des Erwerbs der Berufserfahrung im Rettungsdienst und innerhalb des Gesundheitswesens sowie der Umfang des Beschäftigungsverhältnisses wurden nicht untersucht.

Die Analyse der Selbsteinschätzung bezüglich Fachkompetenz und Erfahrung im Bereich der Elektrotherapie wurde von den Teilnehmern mit überraschend niedrigen Werten angegeben, welche sich jedoch zumindest anteilig durch den Stand im Ausbildungsverlauf und dem curricularen Aufbau der Ausbildung begründen lassen.

Auffällig ist, dass die Selbsteinschätzung zur Fachkompetenz der technischen Bedienung des bisher im praktischen Teil der Ausbildung sowie in der beruflichen Vorerfahrung verwendeten Realgeräts Corpuls C3 mit einem Durchschnitt von 7,3 von 10 Punkten vergleichsweise hoch angegeben wurde. Im Gegensatz dazu bewerteten die Teilnehmer\*innen ihre Fachkompetenz zur Durchführung von Defibrillation, Kardioversion und externem Schrittmacher im Ablauf von Patientenversorgungen deutlich niedriger.

Als Vorerfahrung wird die Beteiligung an realen, wie auch simulierten Patientenversorgungen, bei denen Defibrillation zum Einsatz kam, mit Durchschnitt von 32,2 pro Teilnehmer\*in angegeben. Die Fachkompetenz bezüglich einer Entscheidungsfindung mittels Rhythmusinterpretation zur manuellen Defibrillation wird von ihnen jedoch mit einem Mittelwert von 5,2 von 10 Punkten und die Fachkompetenz zur Durchführung der Defibrillation im Ablauf einer Patientenversorgung mit einem Mittelwert von 5,5 von 10 Punkten angegeben.

Die Beteiligung an realen, als auch simulierten Patientenversorgungen, bei denen Kardioversion oder externe Schrittmachertherapie zum Einsatz kamen wird mit ca. 1,4 für die Durchführung einer Kardioversion und ca. 0,6 für die Durchführung einer externen Schrittmachertherapie pro Teilnehmer\*in angegeben. Entsprechend wird die Fachkompetenz zur Durchführung einer Kardioversion im Ablauf einer Patientenversorgung mit einem Mittelwert von 2,8 von 10 Punkten und die Fachkompetenz zur Anwendung eines Externen Schrittmachers im Ablauf einer Patient\*innenversorgung mit einem Mittelwert von 1,8 von 10 Punkten deutlich reduziert angegeben.

Markant ist, dass die geringere Selbsteinschätzung der Fachkompetenz zur Durchführung der Kardioversion und der Anwendung eines externen Schrittmachers im Ablauf einer Patient\*innenversorgung entsprechend der quantitativen Vorerfahrung übereinstimmt.

Die niedrigen Werte der Selbsteinschätzung Fachkompetenz und die geringe Erfahrung in den Bereichen "Kardioversion" und "Externer Schrittmacher" bestätigten die folgerichtige Entscheidung, die Durchführung der "Defibrillation" in den Fokus der Studie gestellt zu haben.

### **2.1.6 Szenarien**

In Vorbereitung der Studie wurden sechs Szenarien mit einer Dauer von max. zwölf Minuten entwickelt, welche inklusive der Beurteilung des initial vorliegenden Rhythmus im Verlauf des Szenarios insgesamt sechs Rhythmusanalysen erfordern. Berücksichtigt wurden die im grafischen Reanimationsablauf des European Resuscitation Council abgebildeten hyperdynamischen Ereignisse und hypodynamischen Ereignisse. Im Anschluss erfolgte die Festlegung der anteilig identischen Verwendung der vier genannten Rhythmen innerhalb der Szenarien unter didaktischen Gesichtspunkten. Aus diesen wurden kombinierte Szenarios entwickelt, welche bei Rotieren der Positionen "Airway", "Thoraxkompression" und "Defibrillator" mindestens eine defibrillationswürdige Rhythmusanalyse innerhalb jedes Szenarios pro Mitglied des Drei-Personen-Teams beinhaltet.

Jedes der drei kombinierten Szenarien für Simulations- und Realgerät beinhaltet acht hyperdynamische Ereignisse (sechsmal "Kammerflimmern" und zweimal "pulslose Ventrikuläre Tachykardie") und vier hypodynamischer Ereignisse (zweimal "Asystolie" und zweimal "Pulslose Elektrische Aktivität") welche sich identisch auf die beiden zu vergleichenden Szenarien aufteilen. Bewusst wurde ein höherer Anteil an hyperdynamischen Ereignissen "Kammerflimmern" und "pulslose Ventrikuläre Tachykardie" gewählt, da diese den komplexeren Handlungsablauf Vorladen des Defibrillators, Beurteilung des vorliegenden Rhythmus, Durchführung der Defibrillation und die unverzügliche Wiederaufnahme der Thoraxkompression erfordern und den Trainingseffekt intensivieren. Hingegen erfolgt beim Vorliegen von hypodynamischen Ereignissen wie "Asystolie" oder "Pulsloser Elektrischer Aktivität" nach

Vorladen des Defibrillators, Beurteilung des vorliegenden Rhythmus das anschließende manuelle Entladen des Defibrillators vor Wiederaufnahme der Thoraxkompression. Alternativ kann die Thoraxkompression unverzüglich aufgenommen werden und es wird das geräteseitige Entladen des Defibrillators nach insgesamt 30 Sekunden abgewartet. Beide Handlungsabläufe erfordern die konsequente Einhaltung des Zeitmanagements, eine effektive Kommunikation, eine effiziente Teamkoordination und die korrekte Durchführung des erforderlichen Handlungsablaufs. Beim Durchlaufen der initialen Positionen "Airway", "Thoraxkompression" und "Defibrillator" haben die Teilnehmer\*innen auf Simulations- und Realgerät zu jeweils gleichen Anteilen sechs hyperdynamische und zwei hypodynamische Ereignisse im Rahmen der Rhythmusanalysen zu identifizieren und zu therapieren.

Aufgrund des höheren Anteils hyperdynamischer Ereignisse absolvieren die Teilnehmer\*innen jeweils zwei kombinierte Szenarien mit nur einer erforderlichen Defibrillation und ein kombiniertes Szenario mit zwei erforderlichen Defibrillationen, während dieser/e auf der Position "Defibrillator" jeweils zwei Rhythmen eigenverantwortlich zu identifizieren und zu therapieren hat. Beim Wechsel von Simulations- zu Realgerät bzw. Real- zu Simulationsgerät werden innerhalb des Teams Szenarien absolviert, welche eine jeweils identische Anzahl an Defibrillationen pro Position beinhalten, um ein möglichst unverzerrtes Simulationserlebnis der einzelnen Teilnehmenden im direkten Vergleich zu generieren.

## **2.2 Equipment**

Die identisch ausgestatteten Trainingsflächen verfügten zusätzlich zu Simulations- oder Realgerät "Defibrillator" über eine Notfalltasche und eine elektrische Absaugpumpe. Die Ausstattung erfolgte gezielt, mit der essenziell erforderlichen Notfallausrüstung zur Absolvierung der Szenarien, um eine Fokussierung auf die im Nachgang zu bewertenden Forschungsfragen zu gewährleisten.

Diese Notfallausrüstung befand sich zu Beginn des Szenarios auf einer durch die Teilnehmer\*innen im Vorfeld festgelegten Position. Die Notfalltasche und die elektronische Absaugpumpe wurde rechts vom Kopfende des Manikins positioniert, um den Beatmungsbeutel per Demandventil mit dem Sauerstoff verbinden und eine Absaugbereitschaft herstellen zu können.

Gegenüberliegend wurde links auf Höhe des Beckens der “Defibrillator“ positioniert, um für alle Teilnehmer\*innen jederzeit gut einsehbar zu sein und gefahrlos bedient werden zu können.

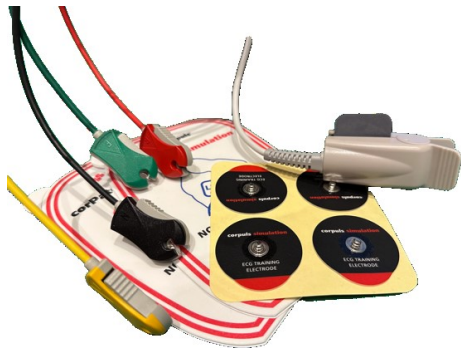
### 2.2.1 Simulationsgerät

Das Simulationsgerät “Corpuls Simulation“ (Abbildung 2) ist eine Nachbildung des Realgerätes, welches wahlweise die Oberfläche Corpuls3 oder Corpuls3 Touch mit Hilfe eines iPad Pro 12,9“ darstellt. Gesteuert wird dieses über ein Instruktor-iPad, welches über ein lokales Netzwerk per WLAN-Router mit dem Simulationsgerät verbunden ist. Es verfügt als Simulationsgerät über alle Funktionen des Realgerätes und kann in Verbindung mit allen auf dem Markt verfügbaren Manikins oder Schauspielpatient\*innen gefahrlos eingesetzt werden.



Abbildung 2: Corpuls Simulation (Eigene Darstellung, Kulina 2023)

“Corpuls Simulation“ ermöglicht realitätsnahe Schulungssituationen durch die Darstellung verschiedener EKG-Rhythmen, SpO2-Kurven, NIBD-Parameter bzw. IBP mit Kurve und etCO2-Parameter. Die Bedienung des Monitors erfolgte über die vollflächige Touchfunktion des iPads. Die Steuerung der Szenarien erfolgt über das Instruktor-iPad, die Aktivierung von Zustandsveränderungen über Events oder die Vorprogrammierung kompletter Szenarien. Die optionale Verwendung von CPR-Sensoren erzeugt Echtzeitfeedback bezüglich Qualität der Thoraxkompressionen, indem Frequenz und Drucktiefe parallel zu CPR-Artefakten auf dem Monitor angezeigt werden. Die technische Anbindung und Interaktion der Thoraxkompressionshilfe corpuls cpr mit dem Simulationsgerät befindet sich in der Entwicklung.



**Abbildung 3: Trainingszubehör (Eigene Darstellung, Kulina 2023)**

Das Trainingsgehäuse wird ergänzt durch die originalen Außentaschen und Patientenkabel in Kombination mit zusätzlichen Trainingselektroden. Sowohl EKG-Elektroden als auch Defibrillationselektroden für Erwachsene und Kinder werden als Verbrauchsmaterial (Abbildung 3) angeboten. Das Simulationsgerät wurde in der Studie ohne Interaktion mit dem verwendeten Manikin eingesetzt und die Steuerung erfolgte über das Instruktoren-iPad.

### **2.2.2 Realgerät**

Das Realgerät "Corpuls C3T" (Abbildung 4), als Weiterentwicklung des Vorgängermodells Corpuls C3, ist ein modularer Patientenmonitor und Defibrillator mit großer Verbreitung in der Akut- und Notfallmedizin. Die Bedienung des Monitors erfolgte über die Touchfunktion des 8,4" Displays, Softkeys bzw. Funktionstasten und Jog-Dial.



**Abbildung 4: Corpuls C3T (Eigene Darstellung, Kulina 2023)**

Der Corpuls C3T bietet neben hoher Flexibilität für unterschiedliche Einsatzbedingungen, umfassende Funktionen für die Überwachung und Therapie von Patienten\*innen. Das Gerät ermöglicht die Darstellung aller Vitalfunktionen, die Durchführung von Defibrillation und Kardioversion sowie die Anwendung eines externen

Schrittmachers. Ergänzend verfügt es über eine Vielzahl zusätzlicher Funktionen im Bereich der Diagnostik, des Datenmanagements und der Telemedizin, welche für die Studie keine Relevanz hatten. Das Realgerät wurde in der Studie ohne Interaktion mit dem verwendeten Manikin eingesetzt. Die Ableitung der Rhythmen und die Aufnahme der Energie bei Durchführung von Defibrillationen erfolgte über eine Testbox.

### **2.2.3 Manikin**

Als Manikin wurde Atlas, ein ALS-Simulator der Firma 3B Scientific GmbH, Hamburg, Deutschland mit einer Größe von 1,70m und einem Gewicht von 13kg ausgewählt, da dieser konstruktionsbedingt optimale Voraussetzungen für die Durchführung von High-Performance-CPR bietet. Im Bereich des Thorax verfügt Atlas im Vergleich zu anderen Manikins als einziger über einen Rippenkäfig zur Durchführung realistischer Thoraxkompressionen. Des Weiteren bietet der Atemweg entsprechende Bedingungen zur Einlage von extraglottischen Atemwegsalternativen, wie dem in der Studie genutzten Larynxtubus. Aufgrund hoher Abdichtung und geringer Leckagen im Bereich des Atemwegs eignet sich Atlas im besonderen Maße zur parallelen Durchführung ununterbrochener Thoraxkompressionen bei intermittierender manueller Ventilation. Dies vermittelt den Teilnehmer\*innen eine authentische Haptik während der simultanen Durchführung der Maßnahmen.

Bewusst wurde entschieden, identische Manikins auf beiden Stationen zu verwenden, um im Studienverlauf einen gleichwertigen Gesamteindruck der Szenarien zu generieren und die Aufmerksamkeit auf den Vergleich von Simulations- und Realgerät zu fokussieren.

Zur Sicherstellung, dass nur Werte und Features innerhalb der Szenarien dargestellt werden, welche auf beiden Geräten analog verfügbar sind, wurde bei der Auswahl des Manikins auf die Verwendung von Konnektivität mit dem Simulationsgerät oder die Möglichkeit, Energie mit dem Realgerät abgeben zu können verzichtet.

### **2.2.4 Notfallausrüstung**

Den Teams standen eine Notfalltasche, welche ausstattungstechnisch auf die Durchführung der erforderlichen Maßnahmen reduziert war, und eine elektronische

Absaugpumpe zur Verfügung. Die Notfalltasche beinhaltete neben einen Beatmungsbeutel für Erwachsene, Masken und Oropharyngealtuben verschiedener Größe für das initiale Atemwegsmanagement und eine Sauerstoffflasche mit Demandventil. Eine enthaltende Modultasche "Extraglottischer Atemweg" mit einem Larynxtubus in der Größe 4, einer Magensonde, Silikonspray als Gleitmittel, Thomasholder als Tubusfixierung, Cuffdruckmesser und Stethoskop ergänzte die Ausrüstung. Auf die Vorhaltung einer kompletten notfallmedizinischen Ausstattung wurde bewusst verzichtet, um Ablenkung zu vermeiden.

### **2.3 Datenerhebung**

Die Teilnehmenden der Studie wurden randomisiert unter Verwendung ihres Pseudonyms in Drei-Personen-Teams einem der Studientage zugeteilt. Insgesamt absolvierten diese während der Datenerhebung sowohl auf Simulations- als auch Realgerät jeweils drei Szenarien, welche entsprechend den Forschungsfragen im Anschluss miteinander und gegeneinander verglichen und bewertet wurden.

Jeder Teilnehmende innerhalb des randomisierten Drei-Personen-Teams startete drei kombinierte Szenarien, jeweils auf den verfügbaren Positionen "Airway", "Thoraxkompression" und "Defibrillator". Das wiederholte Durchlaufen unter wechselseitiger Nutzung von Simulations- und Realgerät erfolgte unter fortwährendem Wechsel der Positionen. Im Verlauf mehrerer Szenarien produzierte dies eine umfassende Simulationserfahrung, welche den Teilnehmenden die Möglichkeit zur ausführlichen Reflexion und umfassenden Beurteilung gewährte.

Aus Gründen der Praktikabilität wurde die Entscheidung getroffen, die Fragebögen in Druckform bereitzustellen und eine ausreichende Anzahl an Reserveexemplaren vorzuhalten. Die Fragebögen "Auswertung von Simulations- vs. Realgerät" wurden vor Durchlaufen der High-Performance-Szenarien den Teilnehmenden vorgelegt und die Fragen gemeinsam durchgesprochen, um potenzielle Rückfragen schon im Vorfeld klären zu können. Das Ausgeben der Fragebögen erfolgte ohne vorheriges fachliches Feedback oder Debriefing der absolvierten Szenarien. Zur Förderung einer möglichst objektiven Beurteilung wurde den Teilnehmenden nicht ermöglicht, sich über den Inhalt der Szenarien und die erworbene Simulationserfahrung im Nachgang auszutauschen. Nach Beendigung der Rotation über alle Positionen und

der vollständigen Absolvierung der kombinierten Szenarien erfolgte die unverzügliche Erhebung der Daten mittels Fragebogen. Für diesen Vorgang wurde, der Komplexität der Fragen entsprechend, ein festes Zeitfenster von 15 Minuten eingeplant. Während dieser Zeit stand der Studienleiter für auftretende Rückfragen zum Fragebogen zur Verfügung. Um Störungen zu vermeiden, wurden die Teilnehmenden, erst nachdem alle Fragebögen vollständig ausgefüllt und eingesammelt worden waren, aus dem letzten Szenario entlassen.

### **2.3.1 Studiendokumentation**

Die Studiendokumentation beinhaltete für jedes mit Simulations- oder Realgerät absolvierte Szenario zwei konform durch Studienleitung und Assistenz zu führende Protokolle mit zugehöriger Ereignischeckliste.

Die Studiendokumentation wurde für alle Versuchstage für Drei-Personen- wie auch Vier-Personen-Teams in großen Dokumententaschen mit eindeutiger Kennzeichnung vorbereitet, welche die erforderlichen Unterlagen enthielten. Die Vorhaltung für Vier-Personen-Teams mit einem weiteren kombinierten Szenario und eigenem randomisierten Rotationsplan kam durch krankheitsbedingte Ausfälle zusätzlicher Teilnehmer\*innen nicht zum Einsatz.

Für die Absolvierung der kombinierten Szenarien enthielt jede große Dokumententasche farbige Einlassbänder für die Handgelenke der Teilnehmer\*innen zur Kennzeichnung der initialen Position und einer verbindlichen Zuweisung für beide Durchläufe. Zwei kleinere Dokumententaschen enthielten die Protokolle getrennt nach Simulations- oder Realgerät mit dem Ablauf der Szenarien und die zugehörigen Ereignischecklisten in doppelter Ausfertigung für das versuchsleitende Team. Die Szenarien waren bereits im Vorfeld mit den Pseudonymen bedruckt und die korrekte Vergabe mehrfach überprüft worden, um einen reibungslosen Ablauf zu gewährleisten und Fehlerquellen komplett auszuschließen zu können.

Die Protokolle, welche zeitgleich den Ablauf der Szenarien enthielten und die zugehörigen Ereignischeckliste wurden in chronologischer Reihenfolge der Szenarien, beispielsweise als 1.1 und 1.2 mit dem Zusatz "SIM" für die Verwendung des Simulationsgerätes oder "REAL" für die Verwendung des Realgeräts für das erste kombinierte Szenario des Drei-Personen-Teams gekennzeichnet. Zusätzlich wurden

Gruppe und Tag angegeben, um jegliche Verwechslung ausschließen und eine Vollständigkeit der Studiendokumentation überprüfen zu können.

Die Versionsnummer in der oberen rechten Ecke diene ausschließlich der Kontrolle, dass die Szenarien, obwohl bezüglich der Anzahl der Defibrillationen auf den Positionen identisch, von Gruppe zu Gruppe zwischen Simulations- und Realgerät im Wechsel genutzt wurden, um durch vollständige Randomisierung identische Studienbedingungen zu gewährleisten.

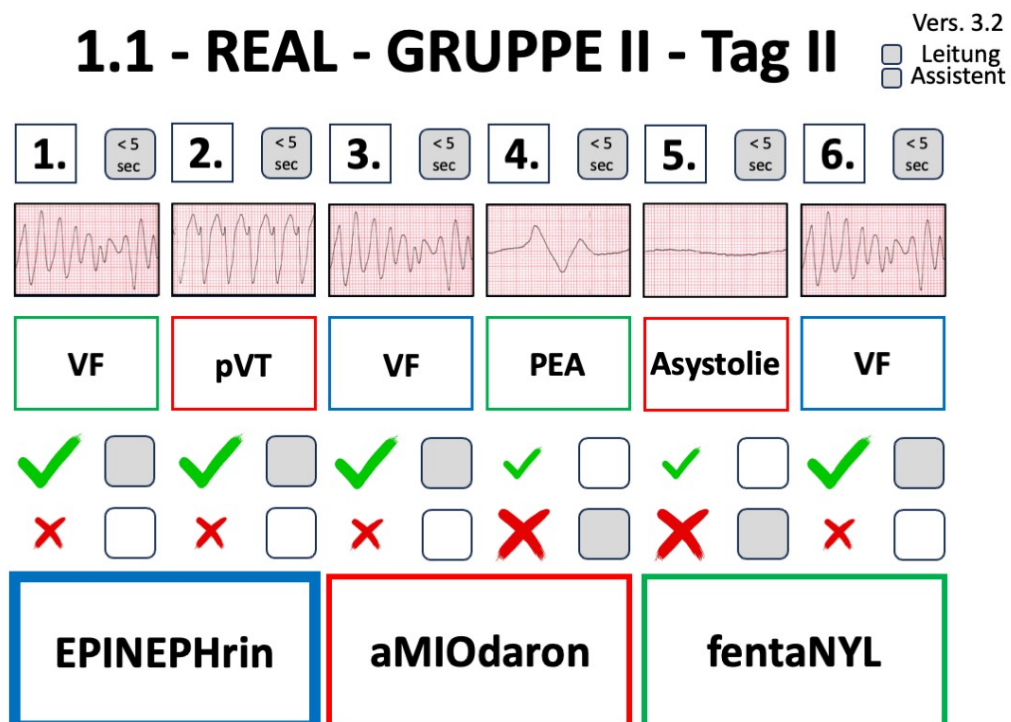


Abbildung 5: Protokoll der Studiendokumentation (Eigene Darstellung, Kulina 2023)

Die Protokolle mit Ablauf der Szenarien gaben exakt vor, welcher Rhythmus initial bzw. nach der letzten Rhythmusanalyse eingespielt werden musste. Die farbige Markierung der Rhythmusbezeichnung diene der Kontrolle, ob sich zum Zeitpunkt der Rhythmusanalyse der/die vorgesehene Teilnehmer\*in auf der Position "Defibrillator" befand und der Ablauf korrekt eingehalten wurde. Im Verlauf der Szenarien erfolgte die Dokumentation durch Abhaken der Boxen für die Durchführung der Defibrillation und die Einhaltung der Handsoff-Time. Zur Vereinfachung der Auswertung und verbesserten Orientierung wurden alle korrekt zu markierenden Boxen grau hinterlegt.

# 1.1 SIM/REAL - GRUPPE II - Tag II

Leitung  
 Assistent

## Bedienungsfehler Teilnehmer:

- Defibrillationselektroden
- Monitor Fehlbedienung
- Ablauf nicht eingehalten
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

## Bedienungsfehler Trainer:

- Szenario nicht gestartet
- Controller Fehlbedienung
- Ablauf nicht eingehalten
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

## Technische Probleme:

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

**Ereignischeckliste**

Abbildung 6: Ereignischeckliste der Studiendokumentation (Eigene Darstellung, Kulina 2023)

Die Ereignischecklisten gliederten sich in die Bereiche Bedienerfehler Teilnehmer, Bedienerfehler Dozent und technische Probleme. Im Verlauf der Szenarien erfolgte die Dokumentation durch Abhaken der Auswahlantworten oder Ergänzung von Freitext.

### 2.3.2 Fragebögen

Zur Erfassung aller relevanten Daten wurde das frei verfügbare Programm LimeSurvey genutzt und im Anschluss an die Einrichtung eines Nutzeraccounts zwei Fragebögen erstellt. Es wurde die Entscheidung getroffen, zur Erfassung der Daten die verfügbare Druckversion der Fragebögen zu nutzen, um diese im Nachgang in der Datenbank zu erfassen und auszuwerten. Die initiale Idee einer digitalen Eingabe durch die Teilnehmer\*innen wurde aus Gründen der Praktikabilität und Fehlerprävention verworfen.

Die beiden Fragebögen wurden nach Erstellung, mit Unterstützung des Erstbetreuers, einem Abgleich unterzogen und wo erforderlich modifiziert. Im Anschluss wur-

den diese mehreren Personen in einem kognitiven Interview vorgelegt, um auf Informationsgehalt, Verständlichkeit und unerwartete Interpretation überprüft zu werden.

Fragebogen 1 ermittelte demografische Informationen, Fachkompetenz und Erfahrung bzw. Erwartungshaltung der Teilnehmer\*innen. Die Ausgabe erfolgte zu Beginn der Studie, um die Informationen unmittelbar vor Durchführung der Szenarien unverzerrt zu erfassen. Dieser umfasste elf Fragen, welche bereits initial in drei Fragengruppen chronologisch gegliedert wurden.

Die erste Fragengruppe erfasste demografische Information (F1/D1; F1/D2) und berufliche Vorerfahrung im Rettungsdienst und Gesundheitswesen (F1/E1; F1/E2). Die zweite Fragengruppe erhob Werte zur Selbsteinschätzung bezüglich der Fachkompetenz (F1/E3-F1/E5) und Erfahrung mit der Durchführung von Elektrotherapie (F1/E6). Die dritte Fragengruppe erfasste abschließend bereits erworbene Erfahrung und Erwartungshaltung der Teilnehmer\*innen bei der Verwendung von Simulations- oder Realgeräten in Simulationstrainings (F1/E7-F1/E9).

Fragebogen 2 ermittelte alle relevanten Informationen des Nutzererlebnisses mit dem Simulationsgerät im direkten Vergleich bzw. im Vergleich mit dem Realgerät. Die Ausgabe erfolgte unmittelbar nach Absolvierung der zu vergleichenden Szenarien, um authentische Werte zu erhalten. Der Fragebogen "Auswertung Simulations- vs. Realgerät" umfasste zehn Fragen, bestehend aus drei Einzelfragen und zwei Fragengruppen, welche im Nachgang einer kohärenten Anordnung unterzogen wurden.

Die erste Frage erfasste in Verbindung mit der ersten Fragengruppe den Gesamteindruck des Simulationsgerätes (F2/A1) und erhob Werte zu spezifizierten Aspekten physikalischer Realitätsnähe (F2/A3). Im Detail wurden zur weiteren Präzisierung die Ähnlichkeit in der Bedienbarkeit (F2/A4), die Bedienerfreundlichkeit (F2/A5) und Gerätefeedback/-reaktion (F2/A6) des Simulationsgerätes bewertet. Die zweite Frage definierte als Leitfrage der Studie das Forschungsziel, die gewonnene Simulationserfahrung der Teilnehmer\*innen im direkten Vergleich von Simulations- und Realgerät (F2/A2) zu registrieren. Komplementiert wurde diese durch die zweite

Fragengruppe, welche Einschätzungen zum Trainingseffekt von Simulations- und Realgerät im direkten Vergleich (F2/A7) erfasste. Ergänzend zum direkten Vergleich der beiden als "Defibrillator" genutzten Geräte, wurden zur weiteren Präzisierung Einschätzungen zur Darstellung realitätsnaher Notfallbedingungen (F2/A8) und der Durchführung von Elektrotherapie (F2/A9) mit dem Simulationsgerät abgefragt. Die letzte Frage bewertete abschließend die Einschätzung der Teilnehmer\*innen, welchen Einfluss Simulationsgeräte auf die Patientensicherheit zukunftsprospektiv haben werden (F2/A10).

Für das Design der Fragebögen wurde durchgehend eine einheitliche Likert-Skala (10 Punkte) gewählt, um den Studienteilnehmern\*innen die Möglichkeit zu geben, ihre Meinungen oder Einstellungen differenzierter bewerten zu können. Die Verwendung von feinskaligen Likert-Skalen lässt zudem die Reduzierung von Zentralitätstendenzen, eine nuancierte Bewertung des komplexen Themas und die Erfassung spezifischerer Information erwarten.

### **2.3.3 Datenauswertung Simulations- und Realgerät**

Die während der Studie geräteseitig erstellten Logfiles des Simulations- und Realgerätes lassen im Nachgang keine zusätzlichen relevanten Erkenntnisse bezüglich der Forschungsfragen zu, da anwenderbezogene Fehler nicht registriert und automatisiert dokumentiert werden. Die von Simulations- und Realgerät dokumentierten Daten unterschieden sich mit Ausnahme der Registrierung von Rhythmuswechseln, der Aktivierung zusätzlicher Vitalwerte und der manuellen Auswahl elektrotherapeutischer Einstellungen, welche als Zeitmarker erfasst werden, grundsätzlich. Während das Simulationsgerät die externe Eingabe trainingsrelevanter Informationen wie Zeitmarker und das Hinzufügen von Kommentaren durch den Instruktor über das Controller-iPad zulässt, war eine ähnliche Funktion beim Realgerät nicht vorgesehen.

Die für die Nachbesprechung des Trainings relevanten Informationen hätten, falls sie für die Studie von Bedeutung gewesen wären, beim Simulationsgerät über das Controller-iPad nach Beendigung des Szenarios abgerufen werden können. Über das Trainings-Management-System wären diese als thematische Vorauswahl oder Gesamtübersicht verfügbar und für das Debriefing unmittelbar nutzbar gewesen.

Die erhobenen Daten des Realgerätes hingegen enthielten mit Ausnahme der Zeitmarker für das Debriefing keine nutzbaren Informationen.

Eine Auswertung des auf dem Realgerät gespeicherten Gesamteinsatzverlaufs und weiterführender messtechnischer Informationen dient primär der Einsatzdokumentation und kann über die Softwarelösung `corpuls.manager` im Rahmen des Qualitätsmanagements zur Datenauswertung oder zur Einsatznachbesprechung im Nachgang vollständig erfasst werden.

Eine Lösung in Verbindung mit dem Realgerät, welche im Versuchsaufbau nicht zur Verfügung stand, könnte die Verwendung eines anderen Manikin sein. Über die zugehörige Software oder den zugehörigen Controller zur Steuerung des Manikins können herstellerabhängig trainingsrelevante Informationen dokumentiert und für das Debriefing ähnlich dem Simulationsgerät zur Verfügung gestellt werden.

Die Auswertung der Daten aus der Studiendokumentation und den beiden Fragebögen erfolgte unabhängig voneinander in zwei gesonderten Schritten.

Protokolle und Ereignischecklisten der Studiendokumentation wurden nach Beendigung der Szenarien gesammelt und gemeinsam vom versuchsleitenden Team vor Ort ausgewertet. Die Protokolle und Ereignischecklisten zu den Szenarien lagen als Studiendokumentation von Versuchsleitung und Assistenz in zweifacher Ausfertigung vor, wurden miteinander abgeglichen und auf Vollständigkeit geprüft. Die Ergebnisse wurden gesondert zwischen Simulations- und Realgerät erfasst und gegenübergestellt.

Mit den dokumentierten Werten der Ereignischecklisten zu Bedienungsfehlern der Teilnehmer\*innen oder Trainer\*innen wurde analog verfahren. Technische Fehler und signifikante technische Feststellungen wurden unter dem Punkt Technische Probleme zusammengefasst.

Die Auswertung der Fragebögen erfolgte online durch Eingabe der Daten auf der LimeSurvey-Plattform, LimeSurvey GmbH, Hamburg, Deutschland. Die Software stellte die Ergebnisse nach abschließender Eingabe als statistische Auswertung in numerischer und grafischer Weise zur Verfügung. Dies ermöglichte bereits die Auswertung einzelner Fragen sowie die vergleichende Darstellung mehrerer Fragen. Anschließend wurde die Funktion des Datenexports nach Excel, Microsoft Corporation, Redmond, Washington, Vereinigte Staaten von Amerika genutzt, um Berechnungen vorzunehmen und die verwendeten Grafiken aus dem Tabellenkalkulationsprogramm heraus zu erstellen.

### **3 Ergebnisse**

Im folgenden Kapitel wird die Auswertung der Studiendokumentation und der Fragebögen dargestellt und analysiert. Die gesamte Studie wurde mit Hinblick auf die Forschungsfragen darauf ausgerichtet, die Teilnehmer\*innen nach Erwerb einer fundierten Simulationserfahrung zu einer kompetenten Beurteilung von Erscheinungsbild und Performance des Simulationsgerätes zu befähigen. Neben dem direkten Vergleich von Simulations- und Realgerät sollten zusätzliche Rückschlüsse auf deren Verwendung in Simulationstrainings der Akut- und Notfallmedizin ermöglicht werden. Insgesamt wurden 36 Datensätze unter äquivalenten Bedingungen generiert, welche Szenarien unter Verwendung des Simulationsgerätes "Corpuls Simulation im C3T-Design" mit Szenarien unter Verwendung des Realgerätes "Corpuls C3T" aus Sicht der Teilnehmer\*innen gegeneinander evaluiert wurden.

#### **3.1 Auswertung der Studiendokumentation**

Die Auswertung der Studiendokumentation zum Ablauf der Szenarien besteht, wie in 2.6.1 erläutert, aus Protokollen mit zugehörigen Checklisten für jedes mit Simulations- oder Realgerät absolvierte Szenario. Die Erfassung erfolgte durch zwei konform geführte Protokolle mit zugehöriger Ereignischeckliste durch das versuchsleitende Team.

##### **3.1.1 Auswertung der Protokolle**

Während der gesamten Studie wurden alle vorliegenden Rhythmen bei höherem Anteil hyperdynamischer Ereignisse durch die Teilnehmer\*innen korrekt interpretiert. Fehlentscheidungen im Rahmen der Rhythmusanalyse, welche zum Unterlassen indizierter Defibrillationen oder zu Durchführung nicht indizierter Defibrillationen geführt hätten, wurden im Gesamtverlauf nicht dokumentiert. Es erfolgte in allen Fällen des Vorliegens hyperdynamischer Ereignisse wie "Kammerflimmern" oder "Pulsloser Ventrikulärer Tachykardie" nach Beurteilung die indizierte Durchführung der Defibrillation durch Auslösen der vorgeladenen Energie und Wiederaufnahme der Thoraxkompressionen innerhalb von 5 Sekunden. Hingegen erfolgte nach Vorladen des Defibrillators bei Vorliegen hypodynamischer Ereignisse wie "Asystolie" oder "Pulsloser Elektrischer Aktivität" die Beurteilung des vorliegenden Rhythmus

und das anschließende manuelle Entladen des Defibrillators vor Wiederaufnahme der Thoraxkompressionen. Alternativ wurde die Thoraxkompression unverzüglich aufgenommen und es wurde das geräteseitige Entladen des Defibrillators nach 30 Sekunden abgewartet. Auch in diesem Fall wurde die geforderte Hands-off-Time von < 5 Sekunden nicht überschritten.

### **3.1.2 Auswertung der Ereignischecklisten**

Bedienungsfehler der Teilnehmer\*innen oder Trainer\*innen wurden durch das versuchsleitende Team übereinstimmend nicht dokumentiert. Während der gesamten Studie wurden teilnehmerseitig keine Abweichungen zum vorgeplanten Ablauf registriert. Eine Verzögerung der Defibrillation durch zu kurzes Drücken der Schocktaste im Sync-Modus ohne Auslösen der Defibrillation sowie Verzögerungen wegen indikationsbezogener Unstimmigkeiten innerhalb des Teams konnten nicht beobachtet werden. Hervorzuheben ist, dass während der Durchführung der hohen Anzahl an Defibrillationen keine Situationen mit Eigen- oder Fremdgefährdung detektiert wurden. Verzögerungen von Rhythmusanalysen aufgrund technischer Probleme erfolgten, in 0,69% der Rhythmusanalysen bzw. in 4,17% der Gesamtheit der Szenarien. Diese wurden von den Teilnehmer\*innen leitlinienkonform durch unverzügliche Wiederaufnahme der Thoraxkompressionen überbrückt und die Rhythmusanalyse nach Behebung des technischen Problems nachgeholt.

In Verbindung mit dem Simulationsgerät traten technische Probleme in einem von 36 Szenarien und beim Realgerät in zwei von 36 Szenarien auf. Dies entsprach bei isolierter Betrachtung einer Fehlerquote von 0,46% der Rhythmusanalysen bzw. 2,78% der Szenarien für das Simulationsgerät. Verursacht wurde dies teilnehmerseitig durch eine Wischbewegung auf dem Monitor-iPad vom linken Seitenrand aus, was zum unbeabsichtigten Schließen der Anwendungssoftware führte und einen Neustart erforderte. Das Realgerät zeigte im Gegensatz dazu bei isolierter Betrachtung eine Fehlerquote von 0,92% der Rhythmusanalysen bzw. 5,56% der Szenarien. Verursacht wurde dies durch eine schlechte Steckverbindung des Stammkabels der Defibrillationselektroden zur Testbox, welche vom Realgerät unverzüglich erkannt wurde. Dieses technische Problem konnte vom versuchsleitenden Team durch Manipulation an der Steckverbindung schnell behoben werden und war dem Versuchsaufbau geschuldet.

## **3.2 Auswertung Simulations- vs. Realgerät**

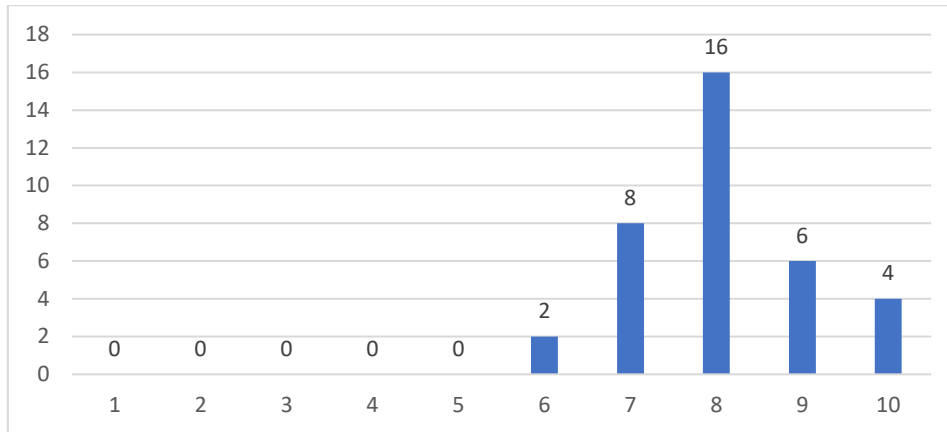
Die Auswertung Simulations- vs. Realgerät beinhaltete, wie in 2.6.2 erläutert, alle relevanten Informationen des Nutzererlebnisses mit dem Simulationsgerät und des direkten Vergleichs mit dem Realgerät. Die Erfassung erfolgte durch standardgemäßes Ausfüllen des gleichnamigen Fragebogens durch die Teilnehmer\*innen. Die Analyse der Ergebnisse aus den Fragebögen gliederte sich in zwei Hauptbereiche mit jeweils ergänzenden Fragestellungen zur weiteren Präzisierung. Der erste Bereich untersuchte den Gesamteindruck und die physikalische Realität des Simulationsgerätes, indem das Simulationsgerät und seine Funktionen im Verhältnis zum Realgerät bewertet wurden. Der zweite Bereich untersuchte die Simulationserfahrung und den Trainingseffekt von Simulations- und Realgerät, indem diese nach Durchlaufen analoger Szenarien einem direkten Vergleich unterzogen wurden. Abschließend wurden zukunftsprognostische Einschätzungen zum Einfluss von Simulationsgeräten auf die Patient\*innensicherheit und die vorbestehenden Erfahrungen und Erwartungshaltungen der Teilnehmer\*innen ausgewertet.

### **3.2.1 Allgemeiner Gesamteindruck und physikalische Realität**

Dieser Ergebnisabschnitt analysiert den allgemeinen Gesamteindruck und physikalische Realität, Ähnlichkeit in der Bedienbarkeit, Bedienerfreundlichkeit und Gerätefeedback/-reaktion des Simulationsgerätes "Corpuls Simulation im C3T-Design". Die Frage F2/A1 in Verbindung mit einer Fragengruppe bestehend aus F2/A3 bis F2/A6 untersuchte den allgemeinen Gesamteindruck des Simulationsgerätes und erhob Daten zu spezifizierten Aspekten physikalischer Realitätsnähe. Neben dem allgemeinen Gesamteindruck und physikalischer Realitätsnähe wurden Ähnlichkeit in der Bedienbarkeit, Bedienerfreundlichkeit und Gerätefeedback/-reaktion untersucht. Die Ergebnisse der oben genannten Fragen stammten aus Fragebogen 2 und wurden unmittelbar nach Absolvierung der zu vergleichenden Szenarien erfasst, um authentische Werte zu erhalten. Die Abfrage erfolgte unter Verwendung einer 10-stufigen Skala, ausgehend von 1 Punkt für „sehr negativ/sehr niedrig“ bis zu 10 Punkten für „sehr positiv/sehr hoch“.

## F2/A1: Allgemeiner Gesamteindruck

Bewerten Sie das Simulationsgerät "Corpuls Simulation im C3T-Design" in Bezug auf seinen Gesamteindruck.



**Abbildung 7: Gesamteindruck "Corpuls Simulation im C3T-Design" (Eigene Darstellung, Kullina 2023)**

Die subjektive Einschätzung in Bezug auf den Gesamteindruck des Simulationsgerätes "Corpuls Simulation im C3T-Design" wurde nach intensiver Nutzung durch die Teilnehmer\*innen im Mittelwert mit 8,06 von 10 Punkten und einem Median von 8 angegeben. Bei geringer Streuung liegt das Minimum bei 6 und das Maximum bei 10.

### F2/A3: Physikalische Realitätsnähe

Bewerten Sie Optik, Größe und Haptik des Simulationsgerätes im Vergleich mit dem Realgerät.

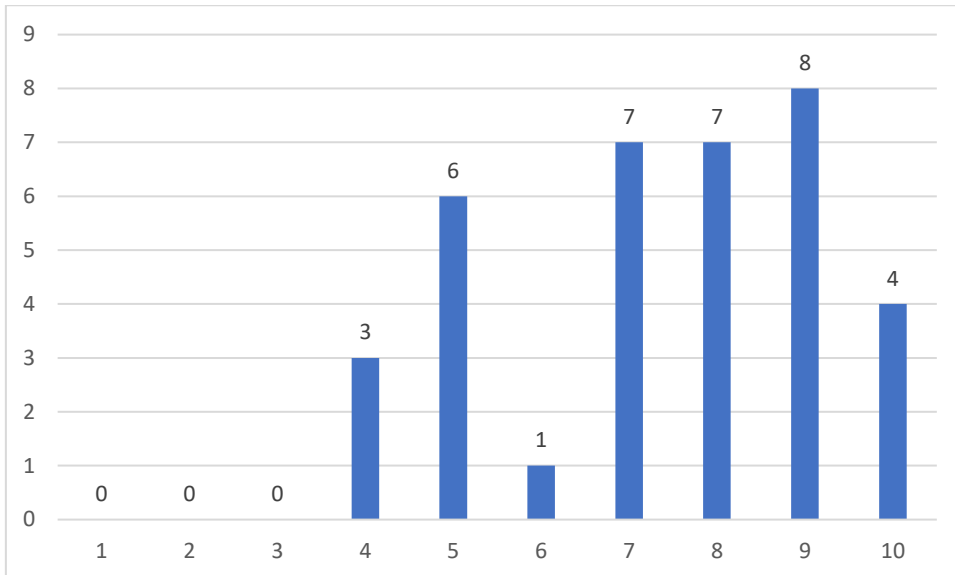


Abbildung 8: Optik, Größe und Haptik (Eigene Darstellung, Kulina 2023)

Die Auswertung der physikalischen Realität im Vergleich mit dem Realgerät unter Beachtung der Aspekte Optik, Größe und Haptik ergab für das Simulationsgerät einen Mittelwert von 7,36 von 10 Punkten, bei einem Median von 7 und dem Vorliegen deutlicher Varianz.

## F2/A4: Ähnlichkeit in der Bedienbarkeit

Bewerten Sie das Display und die Darstellung der Bedienelemente der C3T-Oberfläche des Simulationsgerätes im Vergleich mit dem Realgerät.

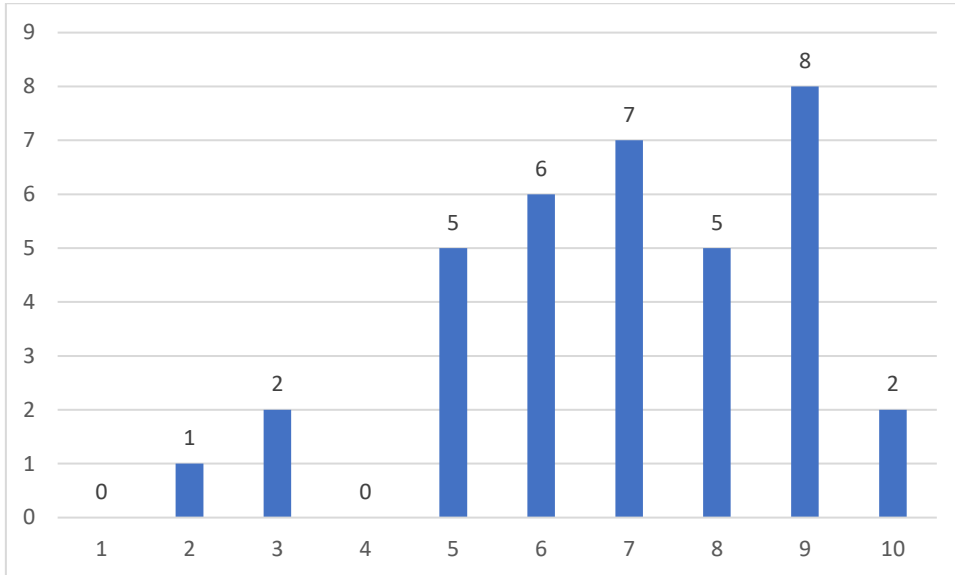
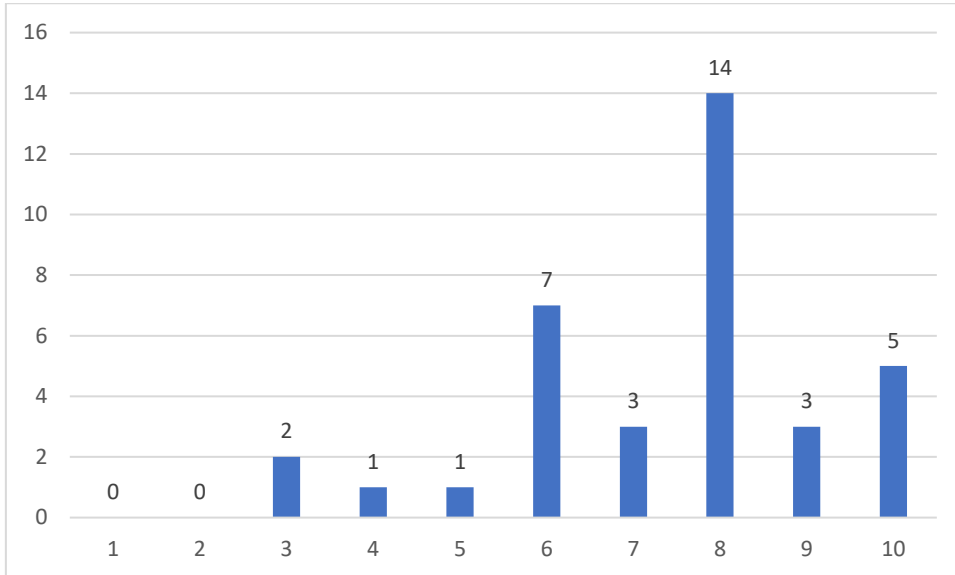


Abbildung 9: Display und Bedienelemente (Eigene Darstellung, Kulina 2023)

Die Auswertung zur Ähnlichkeit in der Bedienbarkeit im Vergleich mit dem Realgerät unter Beachtung der Aspekte Display und Darstellung der Bedienelemente der C3T-Oberfläche ergab für das Simulationsgerät einen Mittelwert von 6,94 von 10 Punkten, bei einem Median von 6 und dem Vorliegen deutlicher Varianz.

## F2/A5: Bedienerfreundlichkeit

Bewerten Sie die Umsetzung der Bedienbarkeit und die Menüführung des Simulationsgerätes im Vergleich mit dem Realgerät.



**Abbildung 10: Umsetzung Bedienbarkeit und Menüführung (Eigene Darstellung, Kulina 2023)**

Die Auswertung zur Bedienerfreundlichkeit im Vergleich mit dem Realgerät, unter Beachtung der Aspekte Umsetzung der Bedienbarkeit und Menüführung, ergibt für das Simulationsgerät einen Mittelwert von 7,42 von 10 Punkten, bei einem Median von 6,5 und dem Vorliegen deutlicher Varianz.

## F2/A6: Gerätefeedback und -reaktion

Bewerten Sie Feedback und Reaktion des Simulationsgerätes (z. B. akustische Signale und visuelles Feedback) bezüglich Authentizität im Vergleich mit dem Realgerät.

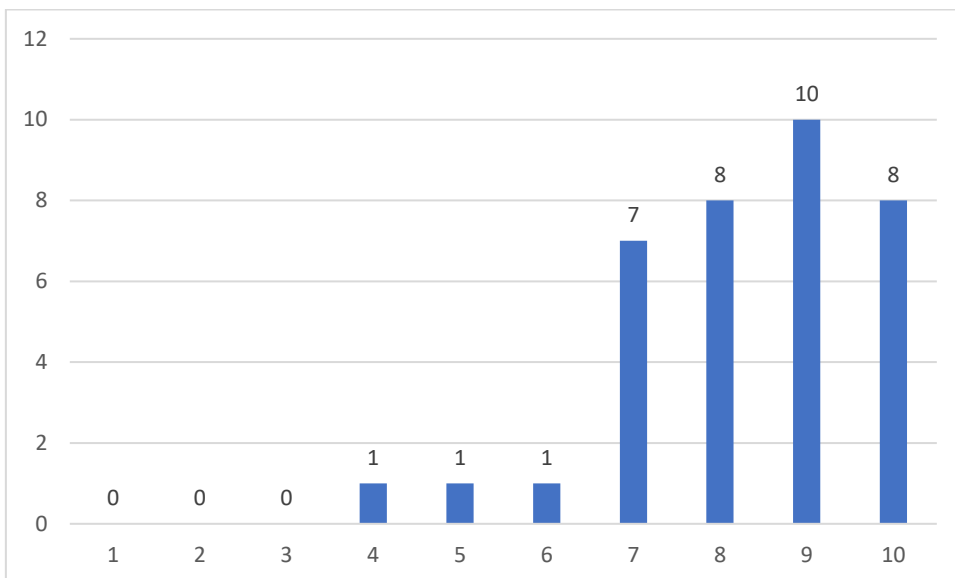


Abbildung 11: Feedback und Reaktion (Eigene Darstellung, Kulina 2023)

Die Auswertung zu Gerätefeedback und -reaktion des Simulationsgerätes im Vergleich mit dem Realgerät, unter Beachtung des Aspektes Authentizität, ergab für das Simulationsgerät einen Mittelwert von 8,28 von 10 Punkten, bei einem Median von 7 und dem Vorliegen deutlicher Varianz.

### **3.2.3 Simulationserfahrung und Trainingseffekt**

Dieser Ergebnisabschnitt analysiert die Simulationserfahrung im direkten Vergleich Simulations- vs. Realgerät, Trainingseffekte im direkten Vergleich Simulations- vs. Realgerät, die Abbildung realitätsnaher Notfallbedingungen sowie die Durchführung von Defibrillation, Kardioversion und die Anwendung eines externen Schrittmachers.

Die Frage F2/A2 in Verbindung mit einer Fragengruppe bestehend aus F2/A7 bis F2/A9 definierte als Leitfrage das Forschungsziel der Studie, die gewonnene Simulationserfahrung der Teilnehmer\*innen im direkten Vergleich von Simulations- und Realgerät zu untersuchen. Neben dem Vergleich der Simulationserfahrung wurden zusätzlich die mit dem Simulationsgerät erlangten Trainingseffekte im direkten Vergleich zu der Verwendung des Realgerätes untersucht. Ergänzend wurden Einschätzungen zur Abbildung realitätsnaher Notfallbedingungen in Vorbereitung auf reale Patientenversorgung und die Effektivität der Vorbereitung auf die Durchführung von Defibrillation, Kardioversion und die Anwendung eines externen Schrittmachers mit dem Simulationsgerät abgefragt. Die Ergebnisse der oben genannten Fragen stammten aus Fragebogen 2 und wurden unmittelbar nach Absolvierung der zu vergleichenden Szenarien erfasst, um authentische Werte zu erhalten. Die Abfrage erfolgte unter Verwendung einer 10-stufigen Skala, ausgehend von 1 Punkt für „sehr negativ/sehr niedrig“ bis zu 10 Punkten für „sehr positiv/sehr hoch“.

## F2/A2: Simulationserfahrung Simulations- versus Realgerät

Bewerten Sie Ihre mit dem Simulationsgerät in den Szenarien gewonnene Simulationserfahrung im direkten Vergleich zu der Verwendung des Realgerätes.

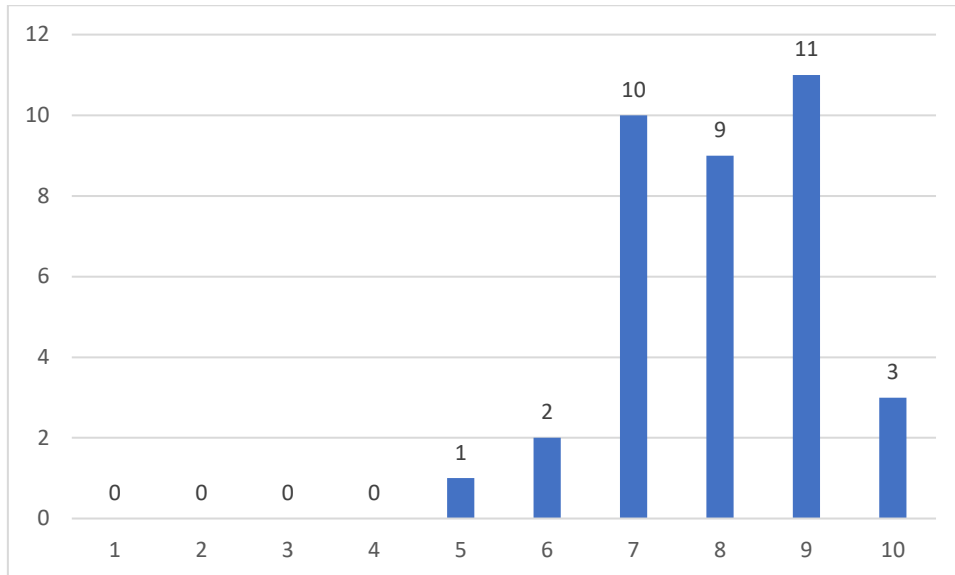


Abbildung 12: Simulationserfahrung Simulationsgerät (Eigene Darstellung, Kulina 2023)

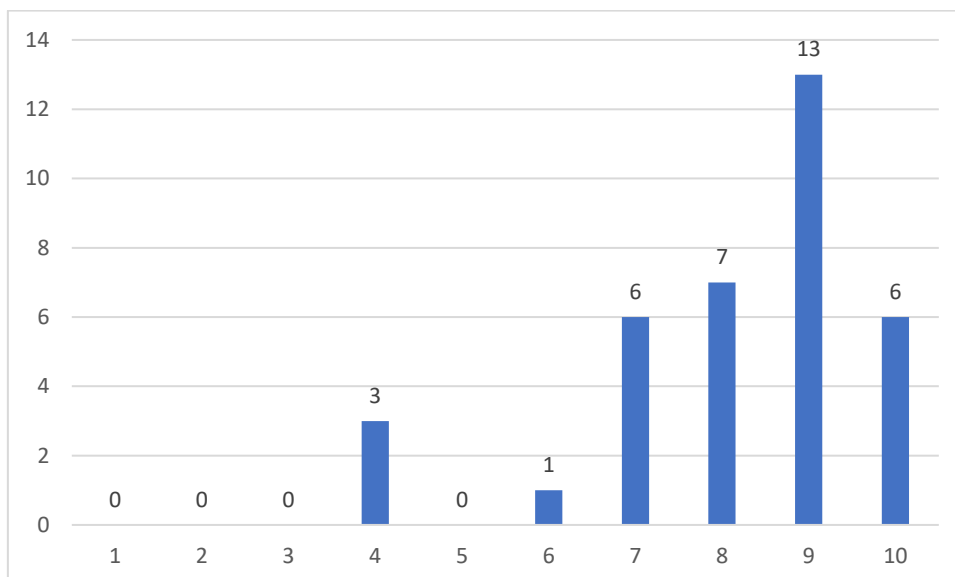


Abbildung 13: Simulationserfahrung Realgerät (Eigene Darstellung, Kulina 2023)

Die in der Untersuchung gewonnene Simulationserfahrung mit dem Simulationsgerät wurde unmittelbar nach Absolvierung der Szenarien einem direkten Vergleich zu der Verwendung des Realgerätes unterzogen. Im Vergleich wurde für das Simulationsgerät ein Mittelwert von 8 von 10 Punkten gegenüber einem Mittelwert von 8,14 von 10 Punkten für das Realgerät angegeben. Mit einer Differenz von 0,14 Punkten

zu Gunsten des Realgerätes wurde ein nahezu identischer Wert erhoben. Für das Simulationsgerät liegt das Minimum bei 5 und das Maximum bei 10 im Vergleich zu einem Minimum von 4 und einem Maximum von 10 beim Realgerät.

## F2/A7: Trainingseffekt Simulations- versus Realgerät

Bewerten Sie Ihren, mit dem Simulationsgerät erlangten, Trainingseffekt im direkten Vergleich zu der Verwendung des Realgerätes unter Berücksichtigung der in den Szenarien gewonnenen Simulationserfahrung.

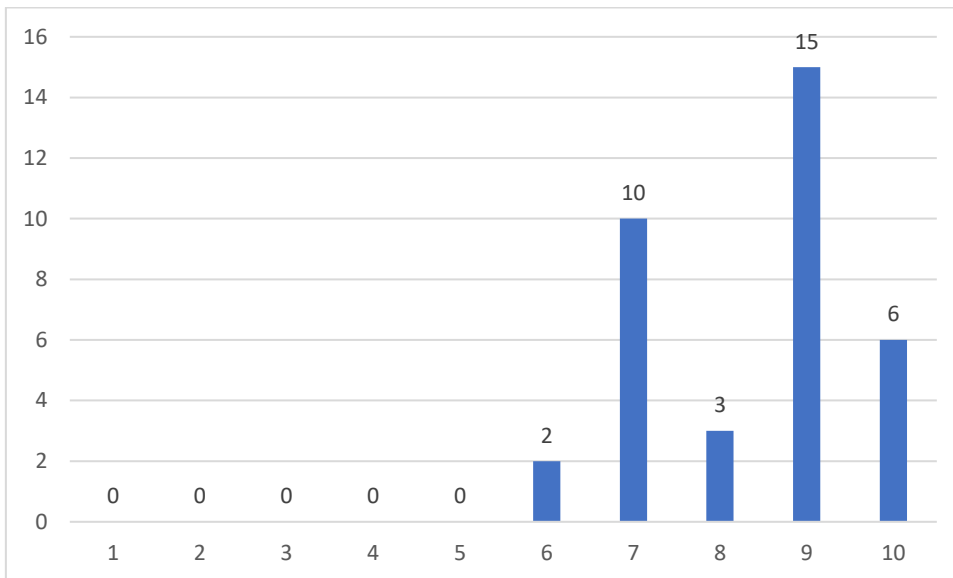


Abbildung 14: Trainingseffekt Simulationsgerät (Eigene Darstellung, Kulina 2023)

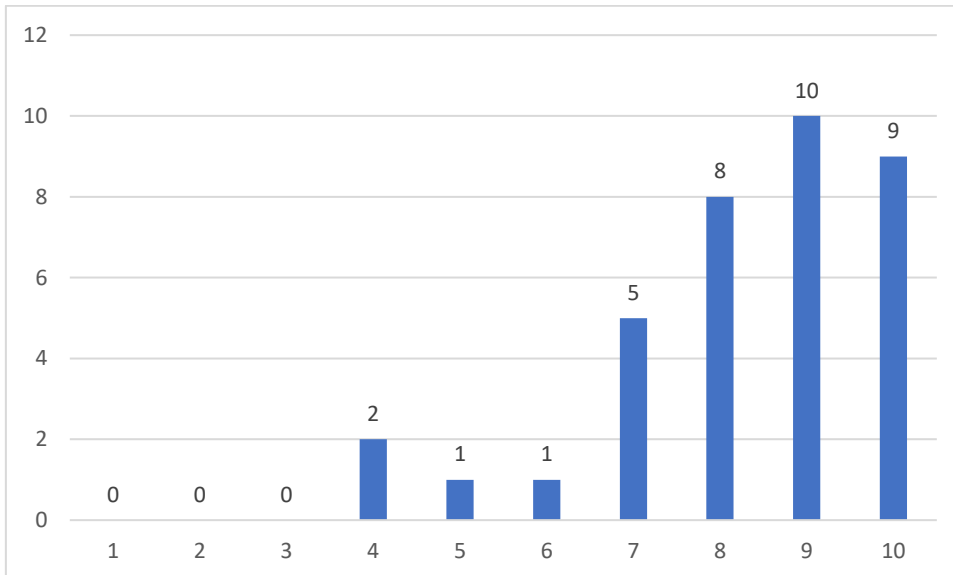


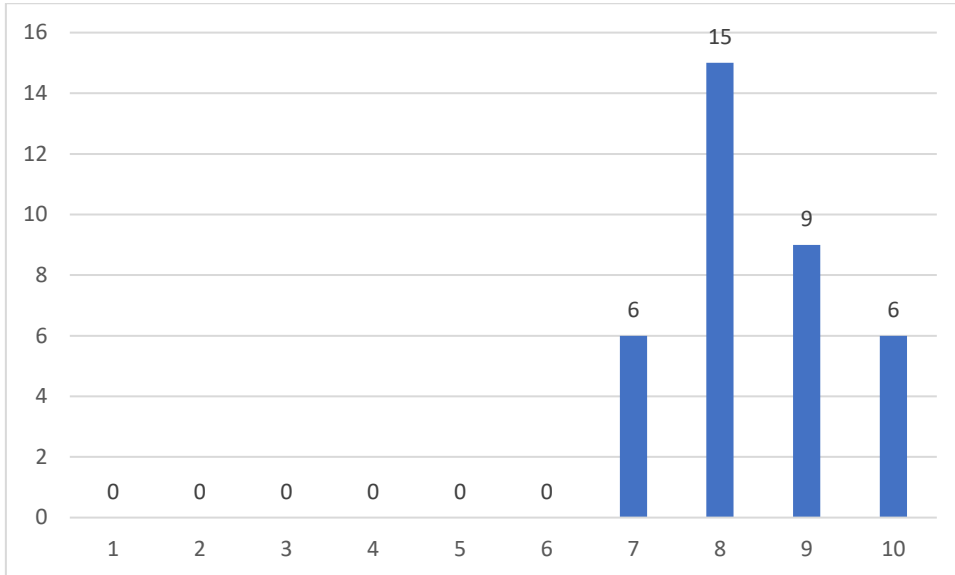
Abbildung 15: Trainingseffekt Realgerät (Eigene Darstellung, Kulina 2023)

Der in der Untersuchung erlangte Trainingseffekt mit dem Simulationsgerät wurde unmittelbar nach Absolvierung der Szenarien einem direkten Vergleich zu der Verwendung des Realgerätes unterzogen. Dabei wurde für das Simulationsgerät ein Mittelwert von 8,36 von 10 Punkten gegenüber einem Mittelwert von 8,28 von 10

Punkten für das Realgerät angegeben. Mit einer Differenz von 0,08 Punkten zu Gunsten des Simulationsgerätes wurde wie bei der Simulationserfahrung ein nahezu identischer Wert erhoben. Für das Simulationsgerät liegt das Minimum bei 6 und das Maximum bei 10 im Vergleich zu einem Minimum von 4 und einem Maximum von 10 beim Realgerät.

## F2/A8: Realitätsnahe Notfallbedingungen

Wie weit bildet das Simulationsgerät Notfallbedingungen realitätsnah ab und bereitet Sie auf die reale Patientenversorgung vor?

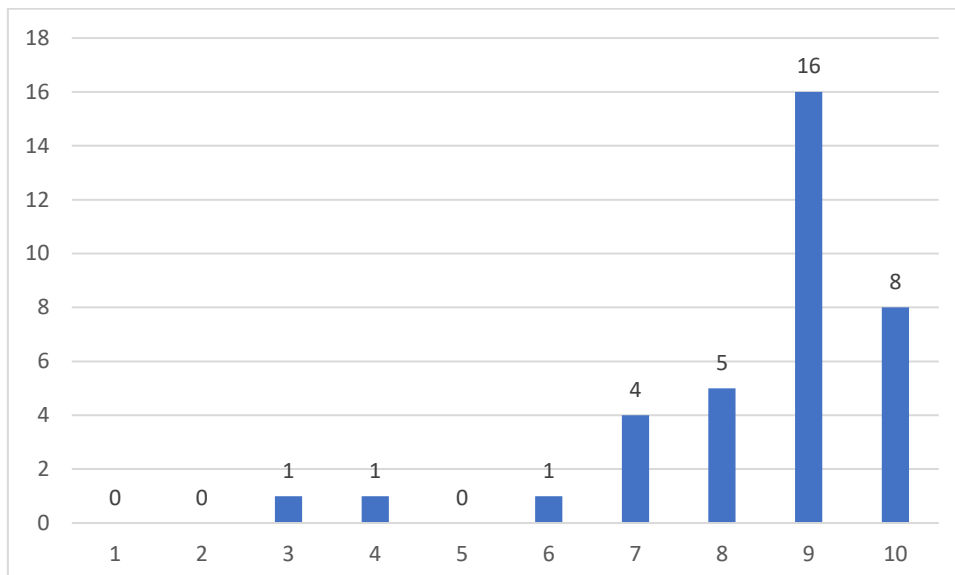


**Abbildung 16: Realitätsnahe Notfallbedingungen (Eigene Darstellung, Kulina 2023)**

Die subjektive Einschätzung der Teilnehmer\*innen in Bezug auf die realitätsnahe Abbildung von Notfallsituationen durch das Simulationsgerät "Corpuls Simulation im C3T-Design" wurde nach intensiver Nutzung im Mittelwert mit 8,42 von 10 Punkten und einem Median von 8,5 angegeben. Bei geringer Streuung lag das Minimum bei 7 und das Maximum bei 10.

## F2/A9: Defibrillation, Kardioversion u. Externer Schrittmacher

Wie effektiv fühlen Sie sich durch die Verwendung des Simulationsgerätes auf die Durchführung von Defibrillation, Kardioversion und die Anwendung eines externen Schrittmachers vorbereitet?



**Abbildung 17: Defibrillation, Kardioversion u. Externer Schrittmacher (Eigene Darstellung, Kulina 2023)**

Die subjektive Einschätzung der Teilnehmer\*innen in Bezug auf die effektive Vorbereitung für die Durchführung von Defibrillation, Kardioversion und die Anwendung eines externen Schrittmachers durch die Verwendung des Simulationsgerätes "Cor-puls Simulation im C3T-Design" wurde nach intensiver Nutzung im Mittelwert mit 8,47 von 10 Punkten und einem Median von 6,5 angegeben. Bei großer Streuung lag das Minimum bei 3 und das Maximum bei 10.

### 3.2.5 Einfluss auf Patient\*innensicherheit

Dieser Ergebnisabschnitt analysiert den voraussichtlichen Einfluss auf die Erhöhung der Patient\*innensicherheit durch die Implementierung und den Einsatz von Simulationsgeräten.

Die Frage F2/A10 untersuchte mit Hilfe der subjektiven Einschätzung der Teilnehmer\*innen den Zusammenhang des voraussichtlichen Einflusses auf eine Erhöhung der Patient\*innensicherheit durch Implementierung und den Einsatz von Simulationsgeräten.

#### F2/A10: Einfluss auf Patient\*innensicherheit

Bewerten Sie den voraussichtlichen Einfluss auf die Erhöhung der Patient\*innensicherheit durch die Implementierung und den Einsatz von Simulationsgeräten.

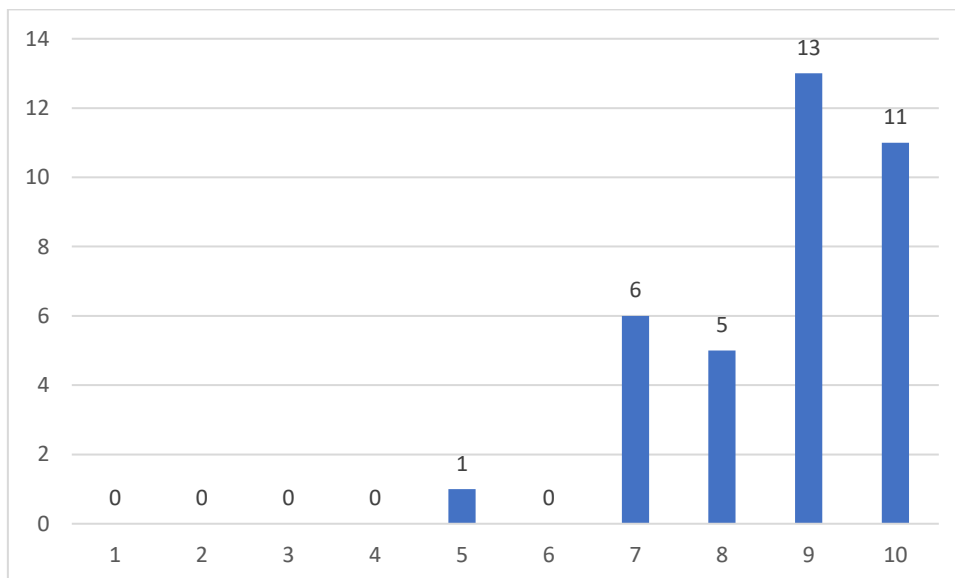


Abbildung 18: Einfluss auf Patientensicherheit (Eigene Darstellung, Kulina 2023)

Die Befragung der Teilnehmer\*innen zu dem voraussichtlichen Einfluss der Implementierung und des Einsatzes von Simulationsgeräten auf die Erhöhung der Patient\*innensicherheit wurde auf Grundlage ihrer vorbestehenden Erfahrung bewertet. Die Untersuchung ergab bei einem Mittelwert von 8,72 von 10 Punkten den höchsten Wert der gesamten Studie. Das Minimum lag bei 5 und das Maximum bei 10.

### **3.3 Vorbestehende Erfahrung und Erwartungshaltung**

Die Auswertung der vorbestehenden Erfahrungen und Erwartungshaltungen beinhaltet, wie in 2.6.2 erläutert, bereits erworbene Erfahrungen und Erwartungshaltungen der Teilnehmer\*innen bei der Verwendung von Simulations- oder Realgeräten in Simulationstrainings. Die Erfassung erfolgte durch standardgemäßes Ausfüllen des hinteren Abschnitts des Fragebogens 1 durch die Teilnehmer\*innen. Dieser Ergebnisabschnitt analysiert die Erfassung der Erfahrungen und Erwartungshaltungen an Simulations- oder Realgeräte im Simulationstraining zu Studienbeginn.

Die Fragengruppe bestehend aus F1/E7 bis F1/E9 untersuchte bereits erworbene Erfahrungen der Teilnehmer\*innen und deren Erwartungshaltungen an die Verwendung eines "Defibrillators" in Simulationstrainings. Der Begriff "Defibrillator", als Synonym, beinhaltete sowohl die Verwendung eines Simulations- oder Realgerätes zur Realisierung der Darstellung dynamischer Vitalwerte und der Durchführung von Elektrotherapie. Die Ergebnisse der oben genannten Fragen stammten aus Fragebogen 1 und wurden unmittelbar vor Durchführung der Studie erfasst, um eine möglichst unverfälschte neutrale Einschätzung zu erhalten. Die Abfrage erfolgte unter Verwendung einer 5-stufigen Skala, ausgehend von 1 Punkt für „stimme überhaupt nicht zu“ bis zu 5 Punkten für „stimme völlig zu“.

### F1/E7: Darstellung dynamischer Vitalwerte

Für wie wichtig erachten Sie die "Notwendigkeit der Darstellung dynamischer Vitalwerte" im Simulationstraining?

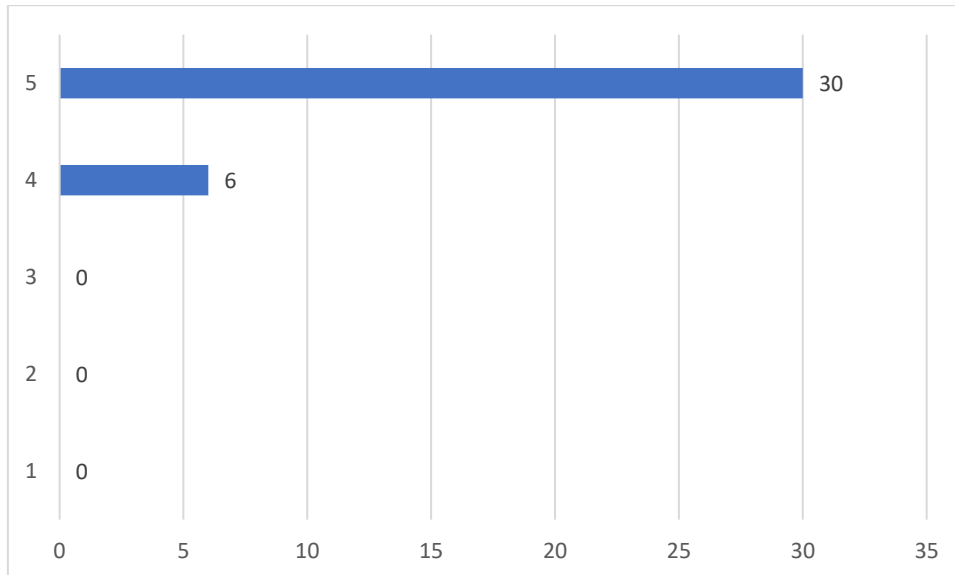


Abbildung 19: Darstellung dynamischer Vitalwerte (Eigene Darstellung, Kulina 2023)

Die subjektive Einschätzung der Notwendigkeit, im Simulationstraining die Darstellung dynamischer Vitalwerte zu realisieren, wurde von den Teilnehmer\*innen auf Grundlage ihrer vorbestehenden Erfahrung bei minimaler Streuung im Mittelwert mit 4,83 von 5 Punkten mit extremer Zustimmung angegeben.

## F1/E8: Durchführung von Elektrotherapie

Für wie wichtig erachten Sie die "Notwendigkeit der Durchführbarkeit von Elektrotherapie" im Simulationstraining?

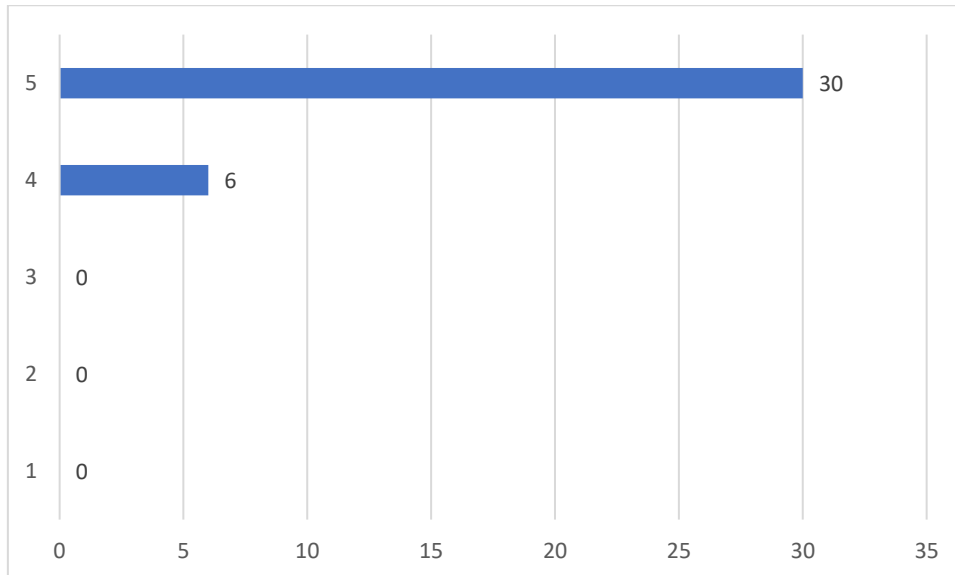


Abbildung 20: Durchführbarkeit von Elektrotherapie (Eigene Darstellung, Kulina 2023)

Die subjektive Einschätzung der Notwendigkeit, im Simulationstraining die Durchführbarkeit von Elektrotherapie zu realisieren, wurde von den Teilnehmer\*innen auf Grundlage ihrer vorbestehenden Erfahrung bei minimaler Streuung im Mittelwert mit 4,83 von 5 Punkten mit extremer Zustimmung angegeben.

### F1/E9: Verwendung Corpuls C3-Design

Die Verwendung eines Simulations- oder Realgerätes im “Corpuls C3-Design“ ist für die Effizienz meines persönlichen Trainingserfolgs von entscheidender Bedeutung.

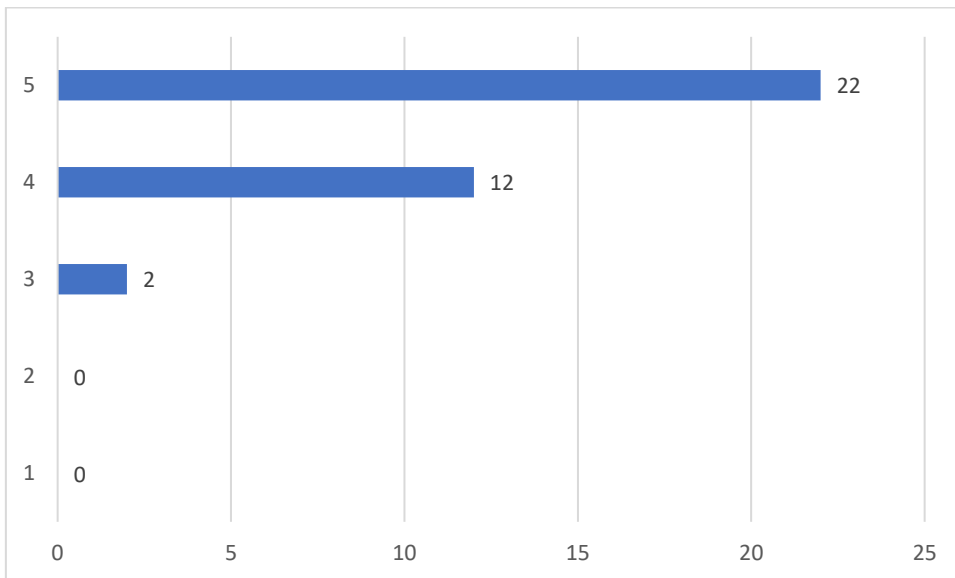


Abbildung 21: Corpuls C3-Design (Eigene Darstellung, Kulina 2023)

Die Befragung der Teilnehmer\*innen zur Verwendung eines Simulations- oder Realgerätes im “Corpuls C3-Design“ in Bezug auf die Effizienz ihres persönlichen Trainingserfolgs wurde auf Grundlage ihrer vorbestehenden Erfahrung bewertet. Die Bewertung der Aussage “entscheidende Bedeutung für die Effizienz meines persönlichen Trainingserfolgs“ wurde im Mittelwert mit 4,46 von 5 Punkten im Vergleich zu den beiden vorangegangenen Fragen mit breiterer Streuung in der Bewertung mit sehr hoher Zustimmung angegeben.

## **4 Diskussion**

Die Arbeit erforschte im Zuge einer Machbarkeitsstudie die Zukunftsperspektive für die Verwendung von "Defibrillatoren" in Simulationstrainings der Akut- und Notfallmedizin und untersuchte die Ergebnisse von Simulations- und Realgeräten. Es erfolgt die Diskussion relevanter Ergebnisse, deren Gegenüberstellung und die Einordnung in den wissenschaftlichen Kontext.

### **4.1 Allgemeiner Gesamteindruck und Physikalische Realität**

Die Studienergebnisse zu allgemeinem Gesamteindruck und der physikalischen Realität des Simulationsgerätes bewerteten das Simulationsgerät "Corpuls Simulation" und seine Funktionen im Verhältnis zum Realgerät "Corpuls C3T". Ergänzend wurden spezifizierte Aspekte physikalischer Realitätsnähe wie Display und Bedienelemente, Umsetzung der Bedienbarkeit und Menüführung sowie Gerätefeedback und -reaktion untersucht. Die Bewertung des Gesamteindrucks mit einem Mittelwert von 8,06 von 10 Punkten und einem Median von 8 fiel mit Ausnahme der Bewertung zu Gerätefeedback und -reaktion höher aus als die Bewertungen der Einzelaspekte, welche einen durchschnittlichen Mittelwert von 7,49 von 10 Punkten und größere Abweichungen im Median aufwiesen. Trotz niedrigerer Bewertungen in den Einzelaspekten erhielt das Simulationsgerät eine hohe Gesamtbewertung, was auf niedrigere Relevanz der Einzelaspekte und teilnehmerseitige Akzeptanz schließen lässt. Die Bewertung technischer Aspekte erfolgte auf Grundlage unterschiedlicher Erwartungshaltungen der Teilnehmer\*innen an die technische Umsetzung, gebotene Detailtiefe und die Bereitschaft Reduktion zu tolerieren.

### **4.2 Simulationserfahrung und Trainingseffekt**

Die Studienergebnisse zu Simulationserfahrung und Trainingseffekt bewerteten das Simulationsgerät "Corpuls Simulation" im direkten Vergleich zum Realgerät "Corpuls C3T". Ergänzend wurde die Darstellung realitätsnaher Notfallbedingungen sowie die Durchführung von Defibrillation, Kardioversion und die Anwendung eines externen Schrittmachers mit dem Simulationsgerät untersucht. Das Simulations- und Realgerät lieferten in Bezug auf Simulationserfahrung bei einer Differenz von 0,14 von 10 Punkten zu Gunsten des Realgerätes und in Bezug auf Trainingseffekte

bei einer Differenz von 0,08 von 10 Punkten zu Gunsten des Simulationsgerätes identische Werte. Die Untersuchung der Simulationserfahrung ergab einen Mittelwert von 8 von 10 Punkten für das Simulationsgerät gegenüber einem Mittelwert von 8,14 von 10 Punkten für das Realgerät. Identische Ergebnisse ergab die Untersuchung der Trainingseffekte mit einem Mittelwert von 8,36 von 10 Punkten für das Simulationsgerät gegenüber einem Mittelwert von 8,28 von 10 Punkten für das Realgerät. Auffällig war, dass der Median bei Fragestellungen zum Simulationsgerät eine geringere Differenz zum Mittelwert zeigte. Die Darstellung realitätsnaher Notfallbedingungen mit einem Mittelwert von 8,42 von 10 Punkten und die Effektivität der Vorbereitung auf die Durchführung von Elektrotherapie mit einem Mittelwert von 8,47 von 10 Punkten wurden ergänzend hoch angegeben. Die große Streuung in Bezug auf die Durchführung von Elektrotherapie lässt sich auf die unterschiedliche Erfahrung und Kompetenzeinschätzung der Teilnehmer\*innen zurückführen. Die Fragestellung hätte konkreter erfolgen müssen, um deutlich zu machen das ein sicheres Erlernen der Maßnahmen die Nutzung von Realgeräten einschließt. Trotz Anpassung der Nutzerkonfigurationen, um einen komparativen Vergleich zu gewährleisten, erfolgte in Bezug auf Simulationserfahrung und Trainingseffekt eine identische Bewertung und das Simulationsgerät war dem Realgerät gegenüber im Versuchsaufbau als gleichwertig zu betrachten. Unter Nutzung aller verfügbaren Funktionen zur Darstellung zusätzlicher Vitalwerte wäre es dem Realgerät, solange dies nicht mit einem Vitalwertegenerator oder einem High-Fidelity-Simulator kombiniert wird, deutlich überlegen. Der direkte Vergleich von Simulations- und Realgerät lässt Rückschlüsse auf die Erreichung hoher Realitätsnähe und Akzeptanz der zunehmend Verbreitung findenden Simulationsgeräte zu.

### **4.3 Einfluss auf Patientensicherheit**

Die Beurteilung des Einflusses von Simulationsgeräten auf die Patientensicherheit ergab den Studienhöchstwert mit einem Mittelwert von 8,72 von 10 Punkten bei einem Median von 7,5. Die hohe Erwartungshaltung der Teilnehmer\*innen lässt Rückschlüsse auf die positive Einstellung gegenüber der Verwendung von Simulationsgeräten und dem Vorliegen von Simulationsaffinität zu. Fehlende Rückfragen lassen zudem ein bereits vorhandenes konkretes Problembewusstsein bezüglich

Patientensicherheit vermuten. Die Formulierung der Frage ist unsauber gewählt, da sie die Implementierung und den Einsatz von Simulationsgeräten nicht auf Trainingssituationen einschränkt, was im Kontext der Studie niemanden aufgefallen ist. Der Autor führt den hohen Zustimmungswert im Nachgang der Studie auf die hoch empfundene Realitätsnähe und die große Akzeptanz von Simulationsgeräten seitens der Teilnehmer\*innen zurück.

#### **4.4 Vorbestehende Erfahrung und Erwartungshaltung**

Unabhängig von Simulations- oder Realgerät bewerteten 83,33% der Teilnehmer\*innen die Darstellung dynamischer Vitalwerte und die Durchführung von Elektrotherapie bereits im Vorfeld der Studie identisch mit maximaler Punktzahl bei einem Mittelwert von 4,83 von 5 Punkten. Die Nutzung des eigenen Monitor-Designs bewerteten 61,11% der Teilnehmer\*innen im Vorfeld der Studie mit maximaler Punktzahl bei einem Mittelwert von 4,46 von 5 Punkten. Bereits vor Beginn der Studie schien eine hohe Erwartungshaltung an das Vorhandensein dynamischer Vitalwerte, die Durchführung von Elektrotherapie und reales Oberflächendesign, resultierend aus der vorbestehenden unabhängigen Simulationserfahrung der Teilnehmer\*innen zu bestehen. Abgefragt wurde explizit die verwendete Oberfläche des ihnen bekannten Realgerätes unter Berücksichtigung von Simulations- und Realgeräten. Als weitere Einschränkung ist zu nennen, dass die Teilnehmer\*innen der Studie über keine nennenswerte Erfahrung in der Verwendung generischer Oberflächen oder die eingeschränkte Nutzbarkeit von Realgeräten verfügten. Die Verwendung realer Oberflächen bietet neben gesteigerter Realitätsnähe zusätzliche Lern- und Trainingseffekte wie zunehmende Routine im Umgang mit dem Realgerät. Der Autor führt die hohen Zustimmungswerte der Abfrage auf empfundene Realitätsnähe in der schulischen Ausbildung und die vorbestehende Akzeptanz von Simulationsgeräten seitens der Teilnehmer\*innen zurück.

Die Masterthesis gibt einen Ausblick auf den erheblichen Trainingsbedarf und die Notwendigkeit der Kompetenzgewinnung (vgl. Grande 2018: 146; Urban et al. 2018: 330) in allen Bereichen der Akut- und Notfallmedizin. Die Durchführung der Studie zeigt eindrucksvoll den beschleunigten Lernprozess durch Simulation (vgl. Knobel et al. 2018) in dem die Teilnehmer\*innen sich in kurzer Zeit mit dem komplexen

Thema High-Performance-CPR erfolgreich auseinandergesetzt haben. Ergänzend zeigt dies eindrucksvoll, dass Simulation für standardisierte Lehrinhalte bei curriculärer Nutzung eine geeignete Methode zur Kompetenzvermittlung darstellt (vgl. Bugaj u. Nikendei 2016), welche eine regelmäßige Trainingswiederholung in kurzen Intervallen erfordert (vgl. Doumouras et al. 2014).

## **4.5 Forschungsfragen**

### **Forschungsfrage 1**

*Ist die Realitätsnähe von Simulationsgeräten aus der Perspektive der Anwender\*innen ausreichend?*

Die Ergebnisse der Studie lassen die positive Beantwortung der Forschungsfrage, ob eine ausreichende Realitätsnähe aus Perspektive der Anwender\*innen durch die Verwendung von Simulationsgeräten in Simulationstrainings der Akut- und Notfallmedizin geschaffen werden kann, zu. Die Bewertung der Forschungsfrage erfolgt positiv, weil Simulations- und Realgerät im direkten Vergleich in Bezug auf Simulationserfahrung und Trainingseffekt im Kontext der Studie identische Werte geliefert haben. Das Erreichen identischer Werte unter komparativen Bedingungen kann als vollständige Nachbildung des Realgerätes durch das Simulationsgerät gewertet werden. Ergänzend wurde das Simulationsgerät hinsichtlich der Abbildung realitätsnaher Notfallbedingungen und Vorbereitung auf reale Patientenversorgung nach intensiver Nutzung durch die Teilnehmer\*innen mit hohen Werten beurteilt.

Simulationsgeräte bieten realitätsnahe und immersive Erfahrungen und sind in der Lage, reale Szenarien und Bedingungen mit hoher Genauigkeit nachzubilden. Damit erzeugen diese ein Lernumfeld, was es den Teilnehmerinnen ermöglicht, neue Techniken auszuprobieren und ihre Fähigkeiten zu erweitern.

### **Forschungsfrage 2**

*Ist die Realitätsnähe in der Anwendung von Simulationsgeräten ein Prädiktor für Akzeptanz?*

Die Ergebnisse der Studie lassen die positive Beantwortung der Forschungsfrage, ob erreichte Realitätsnähe in der Verwendung von Simulationsgeräten ein Prädiktor für Akzeptanz in Simulationstrainings der Akut- und Notfallmedizin ist, zu. Die Be-

wertung der Forschungsfrage erfolgt positiv, weil Simulations- und Realgerät im direkten Vergleich in Bezug auf Simulationserfahrung und Trainingseffekt im Kontext der Studie identische Werte geliefert haben und erreichte Realitätsnähe belegt wurde. Ergänzende Hinweise für Akzeptanz in Hinsicht auf die in der Studie erzeugte Realitätsnähe fanden sich in den zusätzlichen Items in dem Bereich allgemeiner Gesamteindruck und physikalische Realität für das Simulationsgerät sowie in dem Bereich Simulationserfahrung und Trainingseffekt für dessen Einsatz. Abschließend konnte auch der Studienhöchstwert im Abschnitt Patientensicherheit als Indikator für hohe Akzeptanz in Zusammenhang mit der erreichten Realitätsnähe interpretiert werden.

Das Erreichen hoher Realitätsnähe trägt nicht nur zur Effizienz des Simulationstrainings bei, sondern erhöht auch die Akzeptanz und das Engagement der Teilnehmer\*innen. Aus diesem Grund kann aus Sicht des Autors der Erreichungsgrad der Realitätsnähe in der Anwendung von Simulationsgeräten als Prädiktor für Akzeptanz gewertet werden.

### **Forschungsfrage 3**

*Wie hoch ist die Quote anwendungsbezogener Fehler im Vergleich Simulations- vs. Realgerät?*

Anwendungsbezogene Fehler konnten weder auf Simulations- noch Realgerät im Gesamtverlauf der Studie registriert werden. Bei der Erstellung des Studienprotokolls und der Diskussion im Expertenpanel waren Gefährdungssituationen während der Defibrillation und der herstellerseitig vorgegebene Sync-Modus als Ursache nicht abgegebener indizierter Defibrillationen als wahrscheinlichste, anwenderbezogene Fehler im Vorfeld identifiziert worden. Eine Eigen- oder Fremdgefährdung von Teammitgliedern während der Defibrillation als klassische Fehlerquelle wurde durch effektive Kommunikation bei gleichzeitiger Berührung des Teampartners zum Starten und Stoppen der Thoraxkompressionen konsequent ausgeschlossen. Eine Verzögerung der Defibrillation durch zu kurzes Drücken der Schocktaste im Sync-Modus mit der Notwendigkeit, die fehlende Energieabgabe zu erkennen und die Defibrillation im Nachgang korrekt ausführen zu müssen, wurde durch die Teilnehmer stetig vermieden. Durch gedrückt halten der Schocktaste, Beobachtung des

Spikes im EKG und Kontrolle der Anzahl abgegebener Schocks wurde das Auftreten des oben beschriebenen anwenderbezogenen Fehlers aus allen Szenarien eliminiert. Beide Fehlerquellen waren den Teilnehmer\*innen durch die Praxis-Pods und die Geräteinweisung bekannt.

Simulations- und Realgeräte können, so Reaktionen auf Fehlbedienung korrekt abgebildet werden, bezogen auf die erwarteten Anwenderfehler als gleichwertig betrachtet werden.

Die beiden ersten Forschungsfragen zeigen trotz positiver Beantwortung die Notwendigkeit, weitere Forschung zur Teilnehmerzufriedenheit anzustellen, um weitere Erkenntnisse zur Akzeptanz der Methode Simulation und Objektivierbarkeit ihrer zu gewinnen (vgl. Marung et al., 2016, S. 548-553) und diese zur Effizienzsteigerung und Optimierung von Fortbildungskonzepten nutzen zu können.

## **4.6 Limitierungen**

Hinsichtlich der Studie sind mehrere Einschränkungen zu nennen. Die Stichprobengröße erfasst kein signifikantes Niveau, lässt keine allgemeine Übertragung auf den Rettungsdienst und andere Bereiche des Gesundheitswesens zu. Da es sich bei den Teilnehmern ausschließlich um Auszubildende zum/zur Notfallsanitäter\*innen des zweiten Lehrjahres gehandelt hat, bleiben für den präklinischen Bereich Auszubildende anderer Lehrjahre, Rettungsdienstpersonal mit langjähriger Berufserfahrung und die beteiligten Notärzte\*innen unberücksichtigt. Die Studie erfasst zudem keinerlei relevante klinische Fachbereiche unter Beteiligung des ärztlichen und nichtärztlichen Personals unterschiedlicher Erfahrungsstufen. Des Weiteren wurde nur das Simulationsgerät "Corpuls Simulation" gegen das Realgerät "Corpuls C3T" untersucht. Die Simulations- und Realgeräte anderer Hersteller, welche sich in Umsetzung und Bedienungskonzept erheblich unterscheiden können, blieben unberücksichtigt. Auch Realgeräte mit geringerer oder fehlender Touchfunktion können im Vergleich zu Simulationsgeräten andere Bewertungen erhalten. Von besonderer Bedeutung ist, dass für die Studie nur aufeinander abgestimmte Funktionen und Vitalwerte genutzt wurden, um einen objektiven Vergleich zwischen Simulations- und Realgerät zu ermöglichen. Auch die Benutzung von Simulationsgeräten mit generischer Oberfläche ist in der Studie vollkommen unberücksichtigt.

## 4.7 Konklusion

Basierend auf generierter Simulationserfahrung untersuchte die Masterthesis erzeugte Realitätsnähe und die Akzeptanz der Teilnehmenden bei der Verwendung von Simulationsgeräten als virtueller "Defibrillator". Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurden kombinierte High-Performance-CPR-Szenarien genutzt, um Simulationserfahrung und Trainingseffekt auf Simulations- und Realgerät miteinander vergleichen zu können. Gleichzeitig wurden der allgemeine Gesamteindruck und die physikalisch erzeugte Realität des Simulationsgerätes untersucht. Das Simulationsgerät "Corpuls Simulation" erreicht hohe Werte bezüglich des allgemeinen Gesamteindrucks und in der Umsetzung der physikalischen Realität im Vergleich zum Realgerät. Die subjektive Bewertung der Simulationserfahrungen und der Trainingseffekte der Teilnehmenden zeigte auf, dass das Simulationsgerät identische Werte wie das Realgerät generierte und dieses im Kontext der Studie vollständig nachbildete. Durch die erzeugte Realitätsnähe konnten Rückschlüsse auf die Akzeptanz von Simulationsgeräten als virtueller "Defibrillator" in Simulationstrainings der Akut- und Notfallmedizin gezogen werden. Die Teilnehmenden der Studie zeigten zudem eine hohe Erwartungshaltung an die Verfügbarkeit dynamischer Vitalwerte und die Durchführbarkeit von Elektrotherapie in der Simulation, was auf hohe Akzeptanz schließen lässt. Identisch verhielt es sich mit der Erwartungshaltung, während Simulationstrainings eine Monitorlösung nutzen zu können, welche die Oberfläche des eigenen Defibrillators nach- oder abbildet.

Es braucht Simulationsgeräte, da der Einsatz von Realgeräten in der Darstellung von Vitalwerten limitiert ist, solange diese nicht mit einem Vitalwertegenerator oder High-Fidelity-Manikin kombiniert eingesetzt werden. Simulationsgeräte stellen mit einem Anschaffungspreis von ca. 10.000 € eine deutlich kostengünstigere Alternative zu Realgeräten da, welche ca. 30.000 € kosten und bieten erhebliche Vorteile. Die Ergebnisse dieser Studie könnten Anreize zur Durchführung von Field-Tests und Usability-Testings schaffen und indirekt Einfluss auf die technische Weiterentwicklung nehmen.

Die Studie unterliegt einer Vielzahl an Limitationen, die bei Erstellung des Studienprotokolls vorsätzlich akzeptiert wurden und die Durchführung einer Feasibility-Stu-

die im Rahmen der Masterthesis beschlossen wurde. Es empfiehlt es sich, die Forschung auszuweiten und weitere Bereiche des Gesundheitswesens einzubeziehen, mit dem Ziel, praktikable Simulationskonzepte zu entwickeln. Weitere Untersuchungen zu Simulationsgeräten in Kombination mit systemintegrierbarem Mid-Fidelity-Manikin gegen Realgeräte in Kombination mit High-Fidelity-Manikin würden Erkenntnisse generieren, für welche Bereiche die Verwendung von Full-Scale-Simulation zwingend erforderlich ist. Im Umkehrschluss würde die Untersuchung aufzeigen, welche Simulationstrainings deutlich kostengünstiger realisiert werden könnten.

#### **4.8 Zukunftsperspektive**

In allen Hoch-Risiko-Bereichen stellen die Ausbildung und der Wissenserhalt für Maßnahmen außerhalb der Routine eine große Herausforderung dar. Der Trainingsbedarf ist deutlich größer als das Angebot an Simulationstrainings. Die potenzielle Verfügbarkeit von Simulationsgeräten für niederschwellige Trainings in allen Bereichen der Akut- und Notfallmedizin könnte diesem Mangel entgegenwirken und vorbereitete Trainingsinhalte flächendeckend zur Verfügung stellen. Die zunehmende Verbreitung in Bereichen, denen die Durchführung von Simulation mit verfügbarer Technik bisher nicht möglich war, könnte diese dazu befähigen, realitätsnahe Trainings mit überschaubarem technischem Aufwand zu realisieren, ohne Simulationsräumlichkeiten vorhalten zu müssen.

Simulationsgeräte haben ein hohes Weiterentwicklungspotenzial, erzeugen einen hohen Grad an Realitätsnähe und erfahren seitens der Teilnehmer\*innen ein außergewöhnliches Maß an Akzeptanz. Bei der technologischen Entwicklung ist die softwareseitig vollständige Umsetzung aller Funktionen und Menüs des Simulationsgerätes inklusive Nutzerkonfiguration zur vollständigen Anpassung an individuell konfigurierte Realgeräte zu fordern. Ergänzend sind systemintegrierbare Manikins verschiedener Altersklassen im Bereich Mid-Fidelity zu entwickeln, welche in Kombination mit Simulationsgeräten Funktionen verfügbar machen, die bisher in den Bereich High-Fidelity fielen. Auch die technische Anbindung von Thoraxkom-

pressionsgeräten zur Anwendung mechanischer Thoraxkompressionen in den Simulationstrainings durch eine Schnittstelle, welche die Interaktion mit dem Simulationsgerät ermöglicht, wären wünschenswert.

Dies würde Teilnehmern von Simulationstrainings die Option eröffnen, das Handling der zunehmend an Bedeutung gewinnenden Thoraxkompressionsgeräte zu trainieren und komplexe interdisziplinäre Trainingsszenarien für Cardiac-Arrest-Receiving-Teams bis hin zu Extracorporeal Life Support durchzuführen.

## Literaturverzeichnis

Andreatta, P., Saxton, E., Thompson, M. and Annich, G. (2011) 'Simulation-based mock codes significantly correlate with improved pediatric patient cardiopulmonary arrest survival rates', *Pediatric Critical Care Medicine*. Lippincott Williams and Wilkins, 12(1): 33-38.

Breuer, G. (2018) *Simulators don't teach - Lernprozesse und Simulation*. In: Breuer, G., St. Pierre, M. (Hrsg.). *Simulation in der Medizin. Grundlegende Konzepte - Klinische Anwendung*. 2. Auflage: 76-81. Berlin: Springer.

Breuer, G., Eismann, H., Flentje, M., Friedrich and L., Sieg, L. (2018): *Simulation als Fortbildungsmethode zur Professionalisierung von Teams*. In: *AINS - Anästhesiologie Intensivmedizin Notfallmedizin Schmerztherapie*. 53: 20-33.

Bugaj, T. J. und Nikendei, C. (2016) 'Practical clinical training in skills labs: Theory and practice', *GMS Zeitschrift für Medizinische Ausbildung*. German Medical Science GMS Publishing House, 33(4).

Cook, D. A., Brydes, R. B., Hamstra, J. H., Zendejas, B., Szostek, J., Wang A. T., Erwin, P. J. and Hatala, R. (2012) 'Comparative effectiveness of technology-enhanced simulation versus other instructional methods: A systematic review and meta-analysis', *Simulation in Healthcare* 7(5): 308-320.

Cook, D. A., Hatala, R. H., Zendejas, B., Szostek, J. H., Wang, A. T., Erwin, P. J. and Hamstra, S. J. (2011) 'Technology-enhanced simulation for health professions education: A systematic review and meta-analysis', *JAMA - Journal of the American Medical Association*. JAMA: 978-988.

Doumouras, A. G., Keshet, I., Nathens, A. B., Ahmed, N. and Hicks, C. M. (2014): *Trauma Non-Technical Training (TNT-2): the development, piloting and multilevel assessment of a simulation-based, interprofessional curriculum for team-based trauma resuscitation*. In: *Canadian Journal of Surgery*. 57 (5): 354-355.

Droz, M., Schaer, U.-B. und Schlegel, M. (Hrsg) (2020): *High-Fidelity-Simulationen in der Pflegeausbildung*. 1. Auflage: 8-12 Bern: Hep.

Grande, B., Kolbe, M., Nef, A. und Seelandt, J. (2018): *Simulation und Forschung*. In: Breuer, G., St. Pierre, M. (Hrsg.). *Simulation in der Medizin. Grundlegende Konzepte - Klinische Anwendung*. 2. Auflage: 145-158. Berlin: Springer.

Hardig, B., Lindgren, E., Östlund, O., Herlitz, J., Karsten, R. and Rubertsson, S. (2017) *Outcome among VF/VT patients in the LINC (LUCAS IN cardiac arrest) trial- A randomised, controlled trial*. *Resuscitation* 115: 155-162.

Hofinger, G., St. Pierre, M. (2020): *Human Factors und Patientensicherheit in der Akutmedizin*. 4. Auflage. Berlin: Springer.

- Jaki, C., St. Pierre, M. und Breuer, G. (2018) Vom Zimmer zum Zentrum – „form follows function“. In: Breuer, G., St. Pierre, M. (Hrsg.). Simulation in der Medizin. Grundlegende Konzepte - Klinische Anwendung. 2. Auflage: 21-47. Berlin: Springer.
- Knight, L. J., Gabhart, J. M., Earnest, K. S., Leong, K. M., Anglemeyer, A. und Franzone, D. (2014) 'Improving code team performance and survival outcomes: Implementation of pediatric resuscitation team training', Critical Care Medicine. Crit Care Med, 42(2): 243-251.
- Knobel, A., Overhue, D., Gruessing, M., Juergensen, I. und Struwer, J. (2018) 'Regular, in-situ, team-based training in trauma resuscitation with video debriefing enhances confidence and clinical efficiency', BMC Medical Education. BioMed Central, 18(1).
- Kulina, D. (2023) Eigene Darstellungen - Fotografien und Abbildungen, Bochum
- Marung, H., Höhn, M., Gräsner, J.-T., Adler, J. und Schlechtriemen, T. (2016) 'NASIM 25 - eine Option zur Verbesserung der Ausbildung von Notärzten', Notfall und Rettungsmedizin. Springer Verlag, 19(7): 548-553.
- McLaughlin, S. A., Bond, W., Promes, S und Spillane, L. (2006) 'The status of human simulation training in emergency medicine residency programs.', Simulation in healthcare: journal of the Society for Simulation in Healthcare 1: 18-21.
- Moffatt-Bruce, S. D., Hefner, J. L., Mekhjian, H., Mc Alearney, j. S., Latimer, T., Ellision, C. und Mc Alearney, A. S. (2019) 'What Is the Return on Investment for Implementation of a Crew Resource Management Program at an Academic Medical Center?\*', American Journal of Medical Quality. SAGE Publications, 34(5): 502-508.
- Müller, M. und Timmermann, A. (2018): Simulation in der Anästhesie. In: St. Pierre, M., Breuer, G. (Hrsg.). Simulation in der Medizin. Grundlegende Konzepte - Klinische Anwendung. 2. Auflage: 291-298. Berlin: Springer.
- NotSanG: Gesetz über den Beruf der Notfallsanitäterin und des Notfallsanitäters (Notfallsanitätergesetz) vom 22. Mai 2013.
- Perkins, G. D., Lall, R., Quinn, T., Deakin, C. D., Cooke, M. W., Horton, J., Lamb, S. E., Slowther, A.-M., Woollard, M., Carson, A., Smyth, M., Whitfield, R., Williams, A., Pocock, H., Black, J. J. M., Wright, J., Han, K. and Gates, S. (2015) Mechanical versus manual chest compression for out-of-hospital cardiac arrest (PARAMEDIC): a pragmatic, cluster randomised controlled trial. Lancet 385: 947-955.
- Saqe-Rockoff, A., Ciardiello, A. V. and Schubert, F. D. (2019) 'Low-Fidelity, In-Situ Pediatric Resuscitation Simulation Improves RN Competence and Self-Efficacy', Journal of Emergency Nursing. Mosby Inc., 45(5).
- Schaumberg, A., Schröder, T. und Sander, M. (2017) 'Notfallmedizinische Ausbildung durch Simulation: Immer das Gleiche für alle?', Anaesthesist. Springer Verlag, 66(3): 189-194.

Stein, D., Schwerdtfeger, E., Nickel, E. A. und Russo, S. G. (2018) Wie im wahren Leben: Simulation und Realitätsnähe. In: Breuer, G., St. Pierre, M. (Hrsg.). Simulation in der Medizin. Grundlegende Konzepte - Klinische Anwendung. 2. Auflage: 132-170. Berlin: Springer.

Theilen, U., Fraser, L., Jones, P., Leonard, P. and Simpson, D. (2017) 'Regular in-situ simulation training of paediatric Medical Emergency Team leads to sustained improvements in hospital response to deteriorating patients, improved outcomes in intensive care and financial savings', Resuscitation. Elsevier Ireland, 115: 61-67.

Trentzsch, H., Urban, B. und Huber-Wagner, S. (2012) 'Evidenzbasierte Triage von verletzten Patienten am Unfallort', Notfall und Rettungsmedizin, 15(8): 709-713.

Urban, B., Lazarovici, M. und Sandmeyer, B (2018) Simulation in der Notfallmedizin – stationäre Simulation; In: Breuer, G., St. Pierre, M. (Hrsg.). Simulation in der Medizin. Grundlegende Konzepte - Klinische Anwendung. 2. Auflage: 309-335. Berlin: Springer.

Voyer, S. und Pratt, D. (2011) 'Feedback: much more than a tool', Medical Education. John Wiley & Sons, 45(9): 862-864.

Ziv, A., Wolpe, P. R., Small, S. D. und Glinck, S. (2006) 'Simulation-Based Medical Education: An Ethical Imperative', Simulation in Healthcare: The Journal of the Society for Simulation in Healthcare. Wolters Kluwer Health, 1(4): 252-256.

# **Anhang**

## **Fragebogen 1**

Teil D: Demografische Informationen und Teil E: Ausbildung und Erfahrung

## **Fragebogen 2**

Teil A: Auswertung Simulations- vs. Realgerät

## **Studiendokumentation**

Protokolle und Ereignischecklisten