

Aus der Klinik für Anästhesiologie
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Peer Teaching und fallbasiertes Simulationstraining – Ein Vergleich zweier
Lehrmethoden im Bereich der Basiswiederbelebung

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der
Medizin
der Universitätsmedizin
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Vorgelegt von

Tilman König
aus Mainz

Mainz, 2025

Wissenschaftlicher Vorstand: Univ.-Prof. Dr. med. Philipp Drees

1. Gutachter:

2. Gutachter:

Tag der Promotion: 28. November 2024

Nachnutzungslizenz: Namensnennung (CC-BY-4.0)

Für all jene, die sich für eine gute Ausbildung und Lehre junger Menschen engagieren und dabei mit Freude und Leidenschaft bei der Arbeit sind.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis.....	VI
Tabellenverzeichnis.....	VII
Vorbemerkung.....	VII
1 Einleitung	1
2 Literaturdiskussion	3
2.1 Herzkreislaufstillstand	3
2.2 Kardiopulmonale Reanimation	6
2.2.1 Basic Life Support (BLS-) Algorithmus.....	7
2.2.2 Komponenten der Reanimation	8
2.2.3 Bewertungsmethoden von Reanimationsmaßnahmen	13
2.3 Lehre in der Reanimation.....	16
2.3.1 Vermittlung von Basic Life Support	18
2.3.2 Medizinstudierende im Kontext der Reanimationslehre	21
3 Material und Methoden.....	25
3.1 Ethik-Kommission	25
3.2 Stichprobe	25
3.3 Studiendesign	25
3.4 Zeitverlauf	27
3.5 Durchführung	30
3.5.1 Students Save Lives – SSL (Interventionsgruppe).....	30
3.5.2 Wahlfach Notfallmedizin – ILS (Kontrollgruppe).....	32
3.5.3 Datenerhebungen	35
3.6 Selbsteinschätzungsbogen	37
3.7 Parameter und Score-System.....	37
3.7.1 Erster Entwurf	39
3.7.2 Weiterentwicklung.....	41

3.7.3	Finaler Gesamt-Score	43
3.8	Datenübertragung	45
3.8.1	Zyklus-Definition	45
3.8.2	Besonderheiten	45
3.8.3	Übertragungsprozess	46
3.9	Berechnung der Parameter-Punktzahl und des Gesamt-Scores	48
3.9.1	Flow-Zeit	49
3.9.2	Kompressionsfrequenz	49
3.9.3	Kompressionstiefe	49
3.9.4	Kompressionsentlastung	49
3.9.5	Beatmungseffektivität	49
3.9.6	Beatmungsvolumen	50
3.10	Statistische Auswertung	50
3.10.1	Ziele und Endpunkte	50
3.10.2	Fallzahlend und Populationen	51
3.10.3	Statistik-Software	52
4	Ergebnisse	53
4.1	Primärer Endpunkt	53
4.2	Sekundäre Endpunkte	59
4.2.1	Flow-Zeit (Kompressionsfraktion)	59
4.2.2	Thoraxkompressionen (Frequenz, Tiefe, Entlastung)	61
4.2.3	Beatmung (Effektivität, Volumen)	65
5	Diskussion	68
5.1	Methodendiskussion	68
5.1.1	Stichprobe, Studiendesign und Durchführung	68
5.1.2	Parameter- und Score-System	72
5.1.3	Statistik	74
5.2	Ergebnisdiskussion	76

5.2.1	Diskussion des primären Endpunktes	76
5.2.2	Diskussion der sekundären Endpunkte	80
6	Zusammenfassung	89
7	Literaturverzeichnis	91
8	Anhang	VIII
8.1	Packliste Notfalltasche	VIII
8.2	Selbsteinschätzungsbogen und Szenario	IX
8.3	BLS-Bewertungsbogen	XI
9	Danksagung	XII
10	Lebenslauf	XIII

Abkürzungsverzeichnis

Adj. OR	Adjustierte Odds Ratio
AED	Automatisierter Externer Defibrillator
AHA	American Heart Association
ALS	Advanced Life Support (erweiterte lebenserhaltende Maßnahmen)
ARC	Australian Resuscitation Council
AVF	Audiovisuelles Feedback
BLS	Basic Life Support (grundlegende lebenserhaltende Maßnahmen)
CPR	Cardiopulmonary Resuscitation (kardiopulmonale Reanimation) <ul style="list-style-type: none"> • 30:2-CPR • CO-CPR <ul style="list-style-type: none"> • Reanimation mit 30 Thoraxkompressionen und 2 Beatmungen • Compression-only CPR: Reanimation nur mit Thoraxkompressionen
DNR	Do Not Resuscitate (keine Wiederbelebung)
ERC	European Resuscitation Council
IHCA	In-hospital cardiac arrest (innerklinischer Herzkreislaufstillstand)
ILCOR	International Liaison Committee on Resuscitation
ILS	Immediate Life Support (Lebenserhaltende Sofortmaßnahmen) <ul style="list-style-type: none"> • ILS-1 • ILS-2 <ul style="list-style-type: none"> • ILS-1: Erste Kontrollgruppe • ILS-2: Zweite Kontrollgruppe
KI	Konfidenz-Intervall
NKLM	Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin
MET	Medical Emergency Team (innerklinisches Notfallteam)
MP	Messpunkt
OHCA	Out-of-hospital cardiac arrest (außerklinischer Herzkreislaufstillstand)
PSA	Persönliche Schutzausrüstung
PVF	Peer-Video-Feedback
RCT	Randomised controlled trial (randomisierte kontrollierte Studie)

ROSC	Return of spontaneous circulation (Rückkehr eines Spontankreislaufs)
SIF	Standard-Instruktor-Feedback
SSL	Students Save Lives <ul style="list-style-type: none">• SSL: Interventionsgruppe

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – BLS-Algorithmus.....	8
Abbildung 2 – Die Utstein-Formel für das Überleben	17
Abbildung 3 – Notfallmedizinische Kompetenzen des NKLM 2015	22
Abbildung 4 – Studiendesign.....	26
Abbildung 5 – Gruppenübersicht.....	28
Abbildung 6 – Auswertung Ambu-Software	38
Abbildung 7 – Ausschnitt aus einer gespeicherten Aufzeichnung	39
Abbildung 8 – Messung Kompressionszeit.....	46
Abbildung 9 – Zählung der Kompressionen	47
Abbildung 10 – Messung Beatmungspausenzeit.....	48
Abbildung 11 – Gesamt-Score Mittelwert-Verlauf (Analyse-Population)	53
Abbildung 12 – Gesamt-Score Mittelwert-Verlauf (ANOVA-Population).....	54
Abbildung 13 – Gesamt-Score Verteilung der Gruppen	57
Abbildung 14 – Gesamt-Score Verteilung der Messpunkte.....	58
Abbildung 15 – Kompressionsfraktion Verteilung	59
Abbildung 16 – Beatmungspausenzeiten (No-Flow-Zeit)	60
Abbildung 17 – Thoraxkompressionen (Frequenz, Tiefe, Entlastung).....	61
Abbildung 18 – Kompressionsfrequenz und Kompressionstiefe.....	64
Abbildung 19 – Beatmungen (Effektivität, Volumen)	65
Abbildung 20 – Beatmungen pro Aufzeichnung	66
Abbildung 21 – Selbsteinschätzungsbogen, Seite 1/2.....	IX
Abbildung 22 – Selbsteinschätzungsbogen, Seite 2/2.....	X
Abbildung 23 – BLS-Bewertungsbogen.....	XI

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 – Gruppenübersicht	27
Tabelle 2 – Material SSL	30
Tabelle 3 – Material ILS-1 und ILS-2	32
Tabelle 4 – Material Datenerhebungen	35
Tabelle 5 – Technische Parameter – 1. Entwurf.....	40
Tabelle 6 – Nicht-technische Parameter – 1. Entwurf	41
Tabelle 7 – Finale Parameter des Gesamt-Scores.....	43
Tabelle 8 – Mixed Model ANOVA.....	56
Tabelle 9 – Kompressionsfrequenzen	62
Tabelle 10 – Kompressionstiefe und Kompressionsentlastung	63
Tabelle 11 – Beatmungseffektivität und Beatmungsvolumina	67
Tabelle 12 – Mittelwert-Unterschiede für die Populationen	75

Vorbemerkung

In der vorliegenden Arbeit wird für alle verwendeten Begriffe, Bezeichnungen und Namen eine geschlechtsneutrale Form oder das generische Maskulinum genutzt. Hiermit sind alle Geschlechtsformen und -identitäten inkludiert.

1 Einleitung

Jedes Jahr erleiden im Einzugsbereich der Universitätsmedizin Mainz zahlreiche Menschen einen Herzkreislaufstillstand. Aufgrund einer niedrigen Laienhelferquote kommt es häufig zu einem verzögerten Beginn der kardiopulmonalen Reanimation (engl. cardiopulmonary resuscitation, CPR), was die Überlebenschancen der Betroffenen drastisch reduziert.¹⁻³ Eine Möglichkeit die Laienhelferquote anzuheben ist bereits in den Schulen früh mit einer strukturierten und altersadaptierten Ausbildung zu beginnen.^{4,5}

Ärzte müssen unabhängig von der später eingeschlagenen Fachrichtung Wiederbelebungsmaßnahmen beherrschen, weshalb grundlegende lebenserhaltende Maßnahmen (engl. Basic Life Support, BLS) in der studentischen Lehre ein wichtiges Lernziel darstellen. Studien belegen allerdings, dass die Nachhaltigkeit entsprechender, nur in Kursen erlernter Fertigkeiten, gering ist.^{6,7} Möglicherweise ergibt sich eine nachhaltigere Wissensvermittlung, wenn man Studierenden im Anschluss an den eigenen BLS-Kurs die Möglichkeit gibt im Rahmen eines sogenannten Peer Teaching Konzeptes BLS-Maßnahmen selbst zu unterrichten.^{8,9}

Peer Teaching ist eine neue Lehr- und Lernmethode im Fachbereich Medizin, durch die mit Wiederholung, Vertiefung und Anwendung der erworbenen Kenntnisse ein Kompetenzerhalt und ein nachhaltigerer Lerneffekt bei den Studierenden angestrebt wird. In der hier vorgelegten Studie soll diese Nachhaltigkeit dahingehend untersucht werden, dass Studierende der Humanmedizin während eines Wahlfaches zunächst selbst in BLS-Maßnahmen geschult werden, um im Anschluss daran Schüler der siebten Klassenstufe in diesen zu unterrichten. Neben der erwarteten, potenziell nachhaltigeren Wissensvertiefung bei den Studierenden, kann die Studie somit auch dazu beitragen die Quote der Laienhelfer durch eine frühe Ausbildung im Schulalltag substanziell zu erhöhen.

Die Universitätsmedizin Mainz ist neben der Patientenversorgung und der Forschung, auch für die Gestaltung und Durchführung des Humanmedizinstudiums verantwortlich. Das Studium der Humanmedizin unterliegt ständig Veränderungen und Reformen, die das Ziel haben die Lehre kontinuierlich zu optimieren. Da jeder zukünftige Arzt BLS-Maßnahmen beherrschen sollte, werden diese im Rahmen der curricularen Lehre in dem eintägigen Praktikum Akute Notfälle und erste ärztliche Hilfe vermittelt. Im späteren Querschnittsfach Q8 Notfallmedizin werden diese BLS-Maßnahmen um erweiterte Wiederbelebungsmaßnahmen (engl. Advanced Life Support, ALS) ergänzt.

Hier liegt der Schwerpunkt jedoch nicht auf der Durchführung von Thoraxkompressionen und Beatmungen, sondern auf strukturiertem Vorgehen in Notfallsituationen und Teamkommunikation. Zusätzlich zur curricularen Lehre wird den Studierenden der Fachsemester 7 bis 9 mit dem freiwilligen Wahlfach Notfallmedizin ein Kurs für lebensrettende Sofortmaßnahmen (engl. Immediate Life Support, ILS) angeboten, bei dem der BLS-Kurs um einzelne Aspekte des ALS ergänzt wird. Allen drei Kursformaten (BLS, ILS, ALS) ist gemein, dass sie zur Verfestigung der Reanimationsfähigkeiten auf fallbasiertes Simulationstraining zurückgreifen. In möglichst realistisch konzipierten Szenarien werden Reanimationssituationen nachgestellt und durch die Kursteilnehmer abgehandelt.

Aufgrund der in Studien nachgewiesenen geringen Nachhaltigkeit von nur in Kursen erlernten Fähigkeiten, müsste das Angebot an Kursen und Fächern im klinischen Abschnitt des Studiums ergänzt werden, um die Beherrschung dieser Maßnahmen zu festigen. Peer Teaching, wie in der Intervention angewandt, könnte eine solche Ergänzung des Lehrangebotes der Universitätsmedizin Mainz in diesem Bereich darstellen und möglicherweise ein höheres Nachhaltigkeits-Potenzial als bisherige Kurse bieten.

In der vorliegenden Promotionsarbeit wird die Hypothese geprüft, ob der Kompetenzgewinn in der Beherrschung von Wiederbelebungsmaßnahmen nach einem BLS-Kurs mit anschließendem Peer Teaching nachhaltiger und besser ist als nach dem Absolvieren eines ILS-Kurses mit fallbasiertem Simulationstraining.

2 Literaturdiskussion

Zunächst sollen Zahlen und Fakten zum Herzkreislaufstillstand dessen Bedeutung und die damit verbundenen Herausforderungen für die öffentliche Gesundheit darstellen und so in das Thema einleiten (Kapitel 2.1). Es folgt eine Präsentation des BLS-Algorithmus mit einer Analyse der einzelnen Komponenten (Kapitel 2.2.1 und 2.2.2). Außerdem werden verschiedene Bewertungsmethoden von Reanimationsmaßnahmen vorgestellt (Kapitel 2.2.3). Schließlich soll ein Überblick über die Lehre in der Reanimation sowie die Vermittlung von BLS-Maßnahmen gegeben (Kapitel 2.3.1) und Medizinstudierende im Kontext der Reanimationslehre betrachtet werden (Kapitel 2.3.2).

2.1 Herzkreislaufstillstand

Der Herzkreislaufstillstand wird als vollständiges Erliegen des körpereigenen Herzkreislauf-Systems definiert, der mit einer Hypoxie des Gewebes und der Gefahr eines Hirntodes einhergeht.¹⁰ Auch wenn die Forschung zum Herzkreislaufstillstand noch weiter zurückreicht, bildeten die sogenannten Utstein-Empfehlungen aus dem Jahr 1991 den Grundstein für eine internationale koordinierte wissenschaftliche Auseinandersetzung mit dem Thema: Eine Task Force bestehend aus Experten von American Heart Association (AHA, Gründung 1924), European Resuscitation Council (ERC, Gründung 1988), Heart and Stroke Foundation of Canada (Gründung 1952) und Australian Resuscitation Council (ARC, Gründung 1974) entwickelte während einer Tagung im Kloster Utstein in Norwegen ein System zur Vereinheitlichung der Datenerfassung und Forschungsarbeit für außerklinische Herzkreislaufstillstände (engl. out-of-hospital cardiac arrest, OHCA).¹¹ Diese Leitlinien wurden 1997 um eine Empfehlung zu den innerklinischen Herzkreislaufstillständen (engl. in-hospital cardiac arrest, IHCA) ergänzt.¹² Die neuesten Aktualisierungen dieser Leitlinien kommen aus den Jahren 2015 für den OHCA und 2019 für den IHCA.^{13,14} Diese Entwicklungen ermöglichen länderübergreifend vergleichende Forschungen zu Epidemiologie, Ursachen, Behandlungsmethoden sowie Ergebnissen, wodurch bisher einige Faktoren identifiziert werden konnten, die das Überleben beeinflussen.¹⁵

In der Regel werden OHCA und IHCA als eigene Entitäten behandelt und trotz aller Bemühungen sind zuverlässige Zahlen für beide Formen des Herzkreislaufstillstands nicht einfach zu erfassen: Im außerklinischen Bereich werden die Herzkreislaufstillstände vor allem durch die lokalen Rettungsdienste erfasst, wodurch

Fälle verloren gehen können, bei denen (bewusst oder unbewusst) kein Notruf abgesetzt worden ist.¹⁶ Die Inzidenz von Herzkreislaufstillständen im Krankenhaus ist noch schwieriger zu ermitteln, weil komplexe Faktoren eine wichtige Rolle bei der Ergreifung von innerklinischen Reanimationsmaßnahmen und der Todesfeststellung spielen, wie z. B. schwere Krankheitsverläufe oder Vereinbarungen zum Verzicht auf Wiederbelebungsmaßnahmen (engl. Do Not Resuscitate, DNR).¹⁶

Als große europäische Projekte untersuchten die EuReCa ONE und TWO Studien den OHCA in Europa.^{17,18} Bei 10.682 bestätigten OHCA aus 27 Ländern in EuReCa ONE wurde in 7.146 Fällen (67 %) eine Reanimation eingeleitet.¹⁷ Damit lag die Inzidenz der Wiederbelebungsversuche zwischen 19 und 104 Personen pro 100.000 Einwohner pro Jahr.¹⁷ Die Rückkehr eines Spontankreislaufs (engl. Return Of Spontaneous Circulation, ROSC) erlebten etwa 25 % der reanimierten Personen, wohingegen nur 10 % aller Fälle mit begonnener Reanimation mindestens 30 Tage oder bis zur Krankenhausentlassung überlebten.¹⁷ Für EuReCa TWO wurden Daten aus 28 Ländern gesammelt und in 25.171 Fällen von 37.054 gemeldeten OHCA wurde eine Reanimation eingeleitet (68 %).¹⁸ Die Inzidenz der Wiederbelebungsversuche lag in dieser Studie zwischen 27 und 91 Personen pro 100.000 Einwohner pro Jahr (durchschnittlich 56 Personen pro 100.000 Einwohner pro Jahr) und zeigte damit ein ähnliches Ergebnis wie ihre Vorgängerstudie.¹⁸ Zu einem ROSC kam es bei 33 % und ein Überleben bis zur Krankenhausentlassung zeigte sich lediglich bei 8 % aller Reanimierten.¹⁸ EuReCa ONE und TWO belegen mit ihren Ergebnissen, dass der OHCA auf internationaler europäischer Ebene, trotz regionaler Unterschiede und Schwankungen in Inzidenz und Ersthelferanimation (13 bis 82 %), ein großes Problem für die öffentliche Gesundheit darstellt: Die Überlebensrate bis zur Krankenhausentlassung nach einem Herzkreislaufstillstand lag zum damaligen Zeitpunkt in Europa bei etwa 8 bzw. 10 %. Aktuell befindet sich EuReCa THREE in der Durchführung.¹⁹ Im September und November 2022 sind hierfür umfassende Daten zum OHCA erfasst worden.¹⁹ Ein neuer Schwerpunkt dieser Studie soll aber die Untersuchung des Einflusses von Zeitintervallen beim Herzkreislaufstillstand sein.¹⁹

Anders als beim OHCA ist der IHCA auf internationaler (europäischer) Ebene nicht gut in der Literatur beschrieben.²⁰ Es finden sich keine größeren Projekte wie die EuReCa Studien, nur einige Arbeiten mit Inzidenzen für einzelne Länder.^{20,21} Deswegen folgt nun eine Darstellung der Zahlen des OHCA und IHCA in Deutschland sowie ein kurzer Vergleich der Zahlen des IHCA mit Großbritannien und den USA. Für

Deutschland sammelt das Deutsche Reanimationsregister unter der Schirmherrschaft des Bundesministeriums für Gesundheit seit 2007 auf nationaler Ebene Daten zum Herzkreislaufstillstand und veröffentlicht diese in ihren Jahresberichten. Rettungsdienste und Kliniken speisen diese Datenbank mit Informationen.

Für den Jahresbericht 2021 der OHCA in Deutschland haben 98 Rettungsdienste 16.265 Herzkreislaufstillstände dokumentiert.²² Daraus bildeten 30 Rettungsdienste mit 6.175 erfassten Fällen eine Referenzgruppe nach festgelegten Einschlusskriterien.²² Die Inzidenz für Wiederbelebungsversuche beim OHCA in Deutschland lag 2021 sowohl für die Gesamtdaten als auch für die Referenzgruppe über dem europäischen Durchschnitt aus der EuReCa TWO Studie (108 bzw. 136 vs. 56 Personen pro 100.000 Einwohner pro Jahr).^{18,22} Wiederbelebungsversuche durch den Rettungsdienst fielen im Vergleich etwas geringer aus (60 bzw. 72 Personen pro 100.000 Einwohner pro Jahr).²² Hochgerechnet kam es 2021 so zu etwa 60.000 bis 80.000 OHCA in Deutschland.²² Der Herzkreislaufstillstand wurde in 52 % der Fälle durch Umstehende beobachtet und bei 47 % wurden Reanimationsmaßnahmen vor Eintreffen des Rettungsdienstes eingeleitet, 43 % durch Laien.²²

Für den Bericht 2021 der IHCA in Deutschland wurden 5.071 Fälle aus 136 Kliniken erfasst, davon zählten 2.276 Fälle aus 44 Kliniken zur Referenzgruppe.²³ Die Inzidenz des IHCA lag in der Referenzgruppe bei 1,6 Fällen pro 1.000 stationärer Patienten.²³ Im internationalen Vergleich befand sich die Inzidenz in Großbritannien auf gleichem Niveau, während sie in den USA mit 9 bis 10 Fällen pro 1.000 Krankenhaus-einweisungen deutlich höher ausfiel.^{20,21} Bei mehr als 16 Millionen stationären Fällen und oben genannter Inzidenz erlitten im Jahr 2021 hochgerechnet etwa 26.000 Patienten in Deutschland einen Herzkreislaufstillstand in einem Krankenhaus.^{23,24} In der Universitätsmedizin Mainz mit 64.000 stationären Patienten wäre es so zu etwa 102 IHCA im Jahr 2021 gekommen.²⁵ Das entspräche ungefähr zwei Herzkreislaufstillständen pro Woche, wovon sich einer auf Normalstation ereignen würde.²³

Inzidenzen und Überlebensraten des Herzkreislaufstillstands unterscheiden sich zwischen den Ländern zum Teil um das Zehnfache und auch innerhalb der Länder gibt es deutliche Variationen.^{15,26} Weltweit zählt der plötzliche Herzkreislaufstillstand zu den häufigsten Todesursachen, mit kardialer Vorerkrankung als vermutete Hauptursache.^{15,22,23,26-28} Die Berichte des Deutschen Reanimationsregisters zeigen, dass der Herzkreislaufstillstand auch auf nationaler Ebene eine Herausforderung

darstellt und beispielsweise noch vor dem Tod durch bösartige Neubildungen eine der häufigsten Todesursachen ist.^{22,23,28} Unabhängig ihrer Fachrichtung kommen Ärzte mit hoher Wahrscheinlichkeit im Laufe ihres Berufes in eine Situation, in der sie Wiederbelebensmaßnahmen eigenständig durchführen müssen. Diese Fähigkeiten sollten sie daher sicher beherrschen.

2.2 Kardiopulmonale Reanimation

Die Wiederbelebensmaßnahmen, wie wir sie in heutiger Form kennen, fußen auf den Forschungen von Peter J. Safar (Anästhesist, 1924–2003) und William B. Kouwenhoven (Elektroingenieur, 1886–1975), die mit ihren Untersuchungen wesentliche Bestandteile der Reanimation entwickelten: Safar veröffentlichte 1958 eine Studie, in der er die Überlegenheit der Mund-zu-Mund-Beatmung gegenüber damals gängigen Reanimationstechniken (z. B. nach Silvester oder Nielsen) zeigte. Sie verband eine effektivere Beatmung mit einer einfacheren und doch sicheren Durchführung der Maßnahme, auch von „Nicht-Professionellen“.²⁹ Die herkömmlichen Reanimationstechniken beinhalteten außerdem keine Herzdruckmassage. Diese wurde zum damaligen Zeitpunkt nur in Verbindung mit einer Thorakotomie als offenes Verfahren vorgenommen. Erst Kouwenhoven zeigte 1960 in einer Studie, dass die extrakorporale Herzdruckmassage eine effektive Behandlung des Herzkreislaufstillstands (vor allem außerhalb des Krankenhauses) sei.³⁰

Zahlreiche nationale und internationale Verbände machen es sich seit Ende des 20. Jahrhunderts zur Aufgabe den Herzkreislaufstillstand sowie Reanimationsmaßnahmen wissenschaftlich zu untersuchen und auf Grundlage ihrer Ergebnisse Leitlinien zu veröffentlichen. Große Organisationen wie die AHA, der ERC und das International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR, Gründung 1992) bemühen sich weltweit einheitliche Standards für die Reanimation zu formulieren. Die Leitlinien dieser Organisationen haben in den letzten Jahrzehnten viele Anpassungen an den aktuellen Forschungsstand erfahren und sind mittlerweile aufgrund der internationalen Koordination weitestgehend identisch bei den konkreten Handlungsempfehlungen.

Die Reanimationskurse, welche die Klinik für Anästhesiologie an der Universitätsmedizin Mainz durchführt, basieren auf den Leitlinien des ERC, weswegen sich das folgende Kapitel auf die Darstellung dieser Leitlinie beschränkt.^{31,32} Da die

Leitlinie der AHA ebenfalls auf den ILCOR-Empfehlungen beruht, finden sich keine großen Unterschiede zu den europäischen Leitlinien.³³

2.2.1 Basic Life Support (BLS-) Algorithmus

Der ERC definiert BLS als „das Initiieren der Überlebenskette, Thoraxkompression, Beatmung und die Verwendung eines automatisierten externen Defibrillators (AED)“.³⁴ Mit dem „Initiieren der Überlebenskette“ geht das richtige Erkennen eines Herz-Kreislaufstillstandes sowie das Absetzen eines Notrufs einher, damit weitere Hilfskräfte (insbesondere medizinisches Fachpersonal) nachrücken und zeitnah die weitere Behandlung übernehmen können. Die übrigen Komponenten des BLS-Algorithmus stellen bereits die ersten und wichtigsten Maßnahmen zur Behandlung eines Herz-Kreislaufstillstandes dar (Thoraxkompressionen, Beatmung, AED). Abbildung 1 zeigt den BLS-Algorithmus entsprechend der ERC-Leitlinie.³¹

Bevor der Ort des Ereignisses betreten wird, muss auf den Eigenschutz geachtet werden. Wird dann eine regungslose Person aufgefunden beginnt der Algorithmus mit der Überprüfung von Reaktion und Atmung. Wenn von der Person keine Reaktion kommt, erfolgt eine Kontrolle der Atmung durch das Sehen-, Hören-, Fühlen-Prinzip mit geöffneten Atemwegen (Kopf-Überstreckung). Die parallele Pulskontrolle bleibt professionellem Personal vorbehalten. Spätestens wenn die Atemkontrolle (und Pulskontrolle) negativ ausfällt, muss ein Notruf abgesetzt bzw. das innerklinische Notfallteam (engl. Medical Emergency Team, MET) alarmiert werden. Im Idealfall steht ein AED bereit oder kann durch Umstehende organisiert werden. Sofort nach Absetzen des Notrufs beginnt der Helfer mit den Thoraxkompressionen. Diese werden mit durchgestreckten Armen auf der unteren Hälfte des Brustbeins mit einer Drucktiefe von 5 bis 6 cm sowie einer Frequenz von 100 bis 120 Kompressionen min^{-1} durchgeführt.³¹ Nach jeder Kompression soll der Brustkorb komplett entlastet werden, ohne dabei den Kontakt zum Brustbein zu verlieren. Nach 30 Kompressionen, sollen 2 Beatmungsversuche durchgeführt werden, falls der Anwender darin geübt ist (30:2-CPR). Wenn ein Anwender nicht in der Beatmung geübt ist, kann hierauf auch verzichtet und reine Thoraxkompressionen durchgeführt werden (engl. Compression-Only CPR, CO-CPR). Bei der Beatmung hat sich für Laien die Mund-zu-Mund-Beatmung etabliert, während Fachpersonal auf eine Beutel-Maske-Beatmung oder andere professionelle Atemwegssicherungen zurückgreift. Sollte eine Beatmung ineffektiv erscheinen, wird der Beatmungsversuch nicht wiederholt.

Die Thoraxkompressionen sollen für Beatmungen und Defibrillationen nicht länger als 10 Sekunden unterbrochen werden. Thoraxkompressionen und Beatmungen werden weiter im Verhältnis 30:2 fortgesetzt. Sollte ein AED verfügbar sein, wird er unter kontinuierlichen Thoraxkompressionen angebracht: Die (Sprach-) Anweisungen navigieren den Anwender dann weiter durch die Reanimation.

Abbildung 1 – BLS-Algorithmus



Ablauf des BLS-Algorithmus entnommen aus der ERC-Leitlinie 2021. Der Algorithmus beginnt mit der Überprüfung von Reaktion und Atmung, dann folgt der Notruf (in Deutschland über die Telefonnummer 112). Nach dem Notruf startet man mit der kardiopulmonalen Reanimation (CPR): 30 Thoraxkompressionen gefolgt von 2 Beatmungen im wiederkehrenden Wechsel (CPR 30:2). Sobald ein automatisierter externer Defibrillator (AED) eintrifft soll dieser eingeschaltet und dessen Anweisungen befolgt werden. Entnommen aus [31].

2.2.2 Komponenten der Reanimation

Wie im vorigen Kapitel dargestellt gehören neben der eigentlichen CPR mit Thoraxkompressionen und Beatmungen auch weitere Schritte zum BLS-Algorithmus, die beispielsweise den eigentlichen Reanimationsmaßnahmen vorausgehen. Hierzu gehören das Achten auf den Eigenschutz, Lautes Ansprechen, Öffnen der

Atemwege, Überprüfung von Atmung/Puls, Erkennung des Herzkreislaufstillstand und Absetzen des Notrufs. Diese Maßnahmen werden als nicht-technische Fähigkeiten (engl. non-technical skills) definiert, da sie über die reine Beherrschung manueller Maßnahmen hinausgehen und den Ablauf des Algorithmus betreffen. Demgegenüber werden die konkreten Maßnahmen der CPR, Thoraxkompressionen und Beatmungen mit ihren jeweiligen Bestandteilen, für diese Arbeit als technische Fähigkeiten (engl. technical skills) definiert. Hiermit soll eine klare Abgrenzung von Thoraxkompressionen und Beatmungen gegenüber den anderen Maßnahmen des Algorithmus aufgezeigt und eine bessere Unterscheidung beider Bestandteile des BLS-Algorithmus erreicht werden. Der Unterschied spielt bei der Entwicklung Score-Systems (Kapitel 3.7) eine wichtige Rolle. Entsprechend der final ausgewählten Parameter für den Gesamt-Score wird im Folgenden nur der Forschungsstand zu den technischen Fähigkeiten und ihren Bestandteilen dargestellt.

Die internationale Organisation ILCOR veröffentlicht in fünfjährigen Abständen Berichte, in denen der weltweite Forschungsstand zu Wiederbelebensmaßnahmen und deren einzelnen Bestandteilen zusammengefasst wird.^{35,36} Fragestellungen werden je nach Ausgangslage mit systematischen Reviews, Scoping Reviews oder Evidence Updates beantwortet, wodurch fundierte Behandlungsempfehlungen ausgesprochen werden können.^{35,36} Insgesamt gelten Kompressionsfraktion (gleichzusetzen mit der Flow-Zeit), Kompressionsfrequenz, Drucktiefe, und Ventilationsfrequenz als größte Einflussfaktoren auf das klinische Ergebnis.³⁷

2.2.2.1 Flow-Zeit (Kompressionsfraktion)

Die Flow-Zeit beschreibt die Zeit, in der während der Reanimation ein Kreislauf durch Thoraxkompressionen aufrechterhalten wird. Damit ist sie gleichzusetzen mit der Kompressionszeit einer Reanimation und wird durch jede Unterbrechung von Thoraxkompressionen verkürzt. Die Kompressionsfraktion stellt den Anteil der Flow-Zeit an der Gesamtreanimationszeit dar.

Eine nordamerikanische Studie untersuchte 506 Fälle von OHCA mit Kammerflimmern oder pulsloser ventrikulärer Tachykardie, die erst Thoraxkompressionen über mindestens 1 Minute und dann eine Defibrillation erhielten. Gemessen wurde die Flow-Zeit (Kompressionsfraktion) bis zur ersten Defibrillation. Primärer Endpunkt war das Überleben bis zur Krankenhausentlassung. Patienten mit einer Kompressionsfraktion von 61 bis 80 % zeigten ein höheres Überleben als geringere Kompressionsfraktionen

(adj. OR: 3,01; 95 %-KI: 1,37 - 6,58).³⁸ Selbst eine höhere Kompressionsfraktion von über 80 % ging nicht mit einem erhöhten Überleben einher, wobei die Autoren dies am wahrscheinlichsten auf die geringe Stichprobengröße zurückführten.³⁸

Wie man die No-Flow-Zeit verringern und dementsprechend die Kompressionsfraktion erhöhen kann, untersuchte ein Forschungsteam aus Dresden. Über 5 Jahre hinweg erhielt das Klinikpersonal jährliches BLS-Training nach ERC-Leitlinien. Außerdem wurden bei Reanimationen mit einem AED per Impedanzmessung die Kompressionsfrequenz und die No-Flow-Zeit gemessen. Bei 57 der 119 erfassten IHCA wurde ein AED verwendet und eine Reanimation von mehr als 1 Minute durchgeführt. Über den Beobachtungszeitraum konnte ein Anstieg der Kompressionsfraktion von 45 % (2008) zu 70 % (2012) vermerkt werden.³⁹ Interessanterweise gab es keinen Unterschied bei den ROSC-Raten zwischen einer Behandlung mit und ohne AED.³⁹ Da es sich vornehmlich um eine Beobachtungsstudie handelte, merkten die Autoren an, dass neben dem BLS-Training auch andere Faktoren die Kompressionsfraktion gesteigert haben könnten, die in dieser Studie nicht berücksichtigt worden sind.³⁹

Die Flow-Zeit wird im ILCOR-Bericht von 2020 nicht aufgegriffen und auch in den Leitlinien nicht explizit erwähnt, daher stammen die aktuellsten Empfehlungen aus dem ILCOR-Bericht von 2015: Thoraxkompressionen sollen nicht länger als 10 Sekunden unterbrochen werden und die empfohlene Kompressionsfraktion liegt bei mindestens 60 %.³⁵ AHA- und ERC-Leitlinie berücksichtigen dies bei den angegebenen maximalen Unterbrechungszeiten für Beatmung und Defibrillation.^{31,33}

2.2.2.2 Thoraxkompressionen (Frequenz, Tiefe, Entlastung)

Nach aktuellem Forschungsstand nehmen die Thoraxkompressionen „im Rahmen der Wiederbelebung eine Schlüsselstellung ein“.³¹ Kommt die Blutversorgung wichtiger Organe, insbesondere des Gehirns, zum Erliegen, stellen Thoraxkompressionen von hoher Qualität die Aufrechterhaltung einer Kreislauffunktion sicher. Dabei spielen Kompressionsfrequenz, Drucktiefe und Brustwandentlastung eine wichtige Rolle.³¹

In drei separaten systematischen Reviews wurden für den ILCOR-Bericht 2015 Kompressionsfrequenz, Drucktiefe und Brustwandentlastung analysiert.³⁵ Diese Komponenten fasste man für den Bericht von 2020 zusammen und reevaluierte sie in einem Scoping Review, welches neben den bisherigen vierzehn Studien weitere acht einschloss.^{36,40} Bei dreizehn Studien, die insgesamt 15.000 Patienten enthielten,

konnte keine konsistente Assoziation zwischen Kompressionsfrequenz und Überlebensraten mit gutem neurologischem Ergebnis festgestellt werden. Eine Studie zeigte jedoch einen Vorteil für den Bereich von 100 bis 120 Kompressionen min^{-1} beim Überleben bis zur Krankenhausentlassung.⁴⁰ Für die Drucktiefe wurden zwölf Studien mit über 12.000 Patienten analysiert. Auch wenn spezifische Drucktiefen nicht signifikant mit einem verbesserten Überleben bei gutem neurologischem Ergebnis verbunden waren, zeigte eine Studie, dass das Überleben bis zur Krankenhausentlassung bei einer geringen Drucktiefe ($< 3,8$ cm) im Vergleich mit einer höheren ($> 5,1$ cm) abnimmt.⁴⁰ Die Brustwandentlastung wurde in zwei Studien mit etwa 1.800 Patienten untersucht, die keine eindeutigen Ergebnisse in Bezug auf das Überleben zeigten.⁴⁰ Die Autoren des Reviews kritisierten bei vielen Studien eine mangelnde Berücksichtigung „der Möglichkeit von gegensätzlichen Wechselwirkungen zwischen Komponenten bei Thoraxkompressionen“.⁴⁰ So konnte in drei Studien eine signifikante Abnahme der Drucktiefe bei zunehmender Kompressionsfrequenz beobachtet werden ($p < 0,001$).⁴⁰ Dementsprechend forderten die Autoren künftig „Wechselwirkungen zwischen den Komponenten der Thoraxkompressionen zu berücksichtigen, insbesondere Kompressionsfrequenz und Drucktiefe, da Empfehlungen zu einer Komponente die jeweils andere beeinträchtigen könnte“.⁴⁰ Außerdem stellten die Autoren einen generellen Mangel an hochrangiger Evidenz und Studien zum IHCA in diesem Bereich fest.

Wie die Nachhaltigkeit der Qualität von Thoraxkompressionen in der Ausbildung noch verbessert werden kann, untersuchte eine Studie aus China.⁴¹ 97 Medizinstudierende im dritten Jahr wurden nach einem 45 Minuten dauerndem Thoraxkompressions-Training auf zwei Gruppen aufgeteilt, die an Tag 1, 3 und 7 ein Re-Training entweder mit audiovisuellem Feedback (AVF) oder ohne erhielten. Bei jedem Training war außerdem ein BLS-Instruktor anwesend, der ebenfalls Feedback bot. Nach den Trainingseinheiten sowie nach 3 und nach 12 Monaten wurde die Qualität der Thoraxkompressionen getestet. Der Anteil korrekt durchgeführter Kompressionsfrequenz und Drucktiefe nahm in beiden Gruppen unmittelbar nach dem Training signifikant zu ($p < 0,05$), während bei den Brustwandentlastungen die AVF-Gruppe signifikant besser abschnitt ($p < 0,001$).⁴¹ Bei der Testung nach 3 Monaten schnitt die AVF-Gruppe bei allen erhobenen Parametern statistisch signifikant besser ab als die Gruppe ohne AVF ($p < 0,03$), allerdings zeigten beide Gruppen eine Abnahme der Qualität von Thoraxkompressionen.⁴¹ Die Abnahme setzte sich fort und war bei der Messung nach 12 Monaten in beiden Gruppen

statistisch signifikant ($p < 0,039$), jedoch war der Unterschied zwischen den Gruppen nicht mehr so stark ausgeprägt und zeigte auch keine Signifikanz ($p > 0,051$).⁴¹ Aus den Ergebnissen schlossen die Autoren, dass wiederholte Trainingseinheiten die Qualität von Thoraxkompressionen verbessern und ein AVF diesen Effekt vor allem über kürzere Zeiträume (bis 3 Monate) steigern könnte.⁴¹ Langfristig nehme die Qualität der Thoraxkompressionen jedoch ab, egal ob Training mit Instruktor-Feedback und AVF oder reinem Instruktor-Feedback.⁴¹

Auf Grundlage des ILCOR-Berichts von 2020 empfehlen die AHA- und ERC-Leitlinien eine Kompressionsfrequenz von 100 bis 120 Kompressionen min^{-1} , eine Drucktiefe von 5 bis 6 cm und die vollständige Brustwandentlastung zwischen den Kompressionen.^{31,33,36,40}

2.2.2.3 *Beatmung*

Der Stellenwert der Beatmung in der frühen Reanimation ist noch nicht abschließend geklärt und wird kontrovers diskutiert.³⁶

Eine Meta-Analyse aus 2010, ein Cochrane-Review und ein systematisches Review aus 2017 analysierten drei randomisierte kontrollierte Studien (engl. Randomized controlled trial, RCT), die beim OHCA die Ersthelfer-Reanimation inklusive Beatmung (15:2 aufgrund damaliger Leitlinien) mit der Ersthelfer-Reanimation ohne Beatmung (CO-CPR) verglichen.⁴²⁻⁴⁴ Alle Arbeiten schlossen darüber hinaus noch weitere Studien für sekundäre Analysen oder zur Auswertung weiterer Kompressions-Ventilations-Verhältnisse ein. Primärer Endpunkt der RCTs war das Überleben bis zur Krankenhausentlassung. Während die einzelnen Studien einen nicht signifikanten Vorteil der CO-CPR zeigten, konnte durch die gepoolten Daten eine statistische Signifikanz ermittelt werden ($p = 0,04$; 95 %-KI: 1,01 - 1,46).⁴³ Dagegen kam die Auswertung der übrigen Studien teilweise zu konträren Ergebnissen: Anders als bei den drei RCTs zeigte sich beispielsweise in einer Beobachtungsstudie aus Japan ein Vorteil der 30:2-CPR gegenüber der CO-CPR.^{44,45} Die EuReCa TWO Studie aus 2021 beinhaltete Daten von 5.020 Patienten aus dreizehn europäischen Ländern und zeigte bei einem Vergleich mit der CO-CPR einen Vorteil für Überleben und neurologisches Ergebnis für die Reanimation inklusive Beatmung ($p < 0,001$; 95 %-KI: 1,31 - 1,96).⁴⁶

Ein interessantes Zitat bei der Frage nach dem Stellenwert der Beatmung in der Reanimation entnahm das Review aus 2017 einer Veröffentlichung aus Japan: Nicht das bessere Ergebnis von CO-CPR oder 30:2-CPR sei die wichtigste Erkenntnis für

die Reanimation, sondern die Tatsache, dass eine Reanimation insgesamt – egal in welcher Variante – zu einem Anstieg des Überlebens führt.^{44,45}

Eine Studie, die die BLS-Fähigkeiten unmittelbar danach sowie 6 Monate nach einem BLS-Kurs testete, deckte Schwierigkeiten von Medizinstudierenden bei der Mund-zu-Mund-Beatmung auf.⁴⁷ In drei Grafiken stellten die Autoren eindrucksvoll eine hohe inter- und intraindividuelle Variabilität zwischen Baseline-Messung und Testung nach 6 Monaten bei Magenblähungen, Beatmungsfrequenz und -volumen dar.⁴⁷ Allerdings ließen sich nur 5 % der Variationen durch entsprechende Variation in den Ausgangsbewertungen erklären.⁴⁷ Die gepoolten Daten dagegen zeigten nur für den Anstieg der Beatmungsfrequenz eine statistische Signifikanz, Magenblähungen und Beatmungsvolumen unterschieden sich marginal.⁴⁷ Die Autoren erklärten dies mit einem Ausgleich der unterschiedlichen Ergebnisse innerhalb der gepoolten Daten einer Gruppe.⁴⁷ Dies erschwere eine Einschätzung der individuellen Leistungsentwicklung bei gepoolten Daten.

AHA- und ERC-Leitlinien orientieren sich am ILCOR-Bericht 2020 und empfehlen für die Beatmung ein Kompressions-Ventilations-Verhältnis von 30:2.^{31,33,36} Dabei gelingt eine „effektive Beatmung“ durch normale Einatmung, Abdichtung des Mundes und gleichmäßige Atemspende bei überstrecktem Kopf, sodass sich der „Brustkorb wie bei einer normalen Atmung in rund einer Sekunde hebt“.³¹ Für 2 Beatmungen sollen die Thoraxkompressionen nicht länger als 10 Sekunden unterbrochen werden.³¹

2.2.3 Bewertungsmethoden von Reanimationsmaßnahmen

Bei der Beurteilung von Reanimationsmaßnahmen werden in Studien und Ausbildungskursen einerseits von Beobachtern geführte Checklisten als auch Aufzeichnungen von Trainingsgeräten verwendet. Schon in den 1980er-Jahren empfahl die AHA für das Reanimationstraining die Verwendung von aufnahmefähigen Mannequins.⁴⁸ Andererseits wurden z. B. sogenannte Heartsaver Checklists zur Erfassung der Qualität der Wiederbelebensmaßnahmen durch einen Beobachter entwickelt.⁴⁸ Eine im Jahr 1990 publizierte Studie verglich diese beiden Bewertungsmethoden bei Laien während eines Kurses (Gruppe 1) und bei medizinischem Fachpersonal im Rahmen einer Studie (Gruppe 2) miteinander.⁴⁸ In beiden Gruppen fanden die Autoren große Abweichungen in der Beurteilung zwischen Checkliste und Aufzeichnung. Dabei wurden die durchgeführten Maßnahmen durch die Beobachter wesentlich häufiger als richtig gewertet, während

die Geräteaufzeichnung sie als inkorrekt einstufte. Diese Diskrepanz ließ die Autoren darauf schließen, dass die subjektive Beurteilung eines Beobachters die Reanimationsleistung einer Person nicht akkurat wiedergeben kann.⁴⁸

Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Bewertung von Reanimationsmaßnahmen ist die Frage der Quantifizierbarkeit einer Reanimationsleistung. So entwickelte eine Autorengruppe von 1992 ein „verlässliches und reproduzierbares“ Scoring-System.⁴⁹ Die Autoren definierten fünf Kriterien, die ihr System erfüllen sollte: einfache Anwendbarkeit, hohe Objektivität, Widerspiegelung von Trainingseffekten durch Score-Veränderungen, erreichbare Bestehensgrenze für qualifizierte Personen, Fail-Score für fehlerhafte Techniken.⁴⁹ Die Grundlage für ein solches System bildeten sechs Items bzw. Parameter, die nach damaligen Leitlinien am ehesten die Qualität der Reanimationsmaßnahmen beschrieben: Handposition, Kompressionsfrequenz, Kompressions-Entlastungs-Verhältnis, Drucktiefe, Beatmungsvolumen, Beatmungsintervall.⁴⁹ Die Handposition wurde durch die Beobachtung der Instruktoren bewertet, während die übrigen Parameter mittels Aufzeichnung der letzten beiden vollständigen Zyklen analysiert worden sind. Die nicht-technischen Fähigkeiten waren nicht Teil der Studie.⁴⁹ Anders als bei einem Positiv-Score (Punkte für richtiges Verhalten) wurden in diesem System Strafpunkte für Nicht-Einhalten der Referenzbereiche gegeben. Dadurch bekam ein Proband mehr Strafpunkte je weiter er von den Leitlinien-Empfehlungen abwich. Die Autoren konnten die oben genannten ersten drei Kriterien für ihr Scoring-System bestätigen: Es zeigte sich ein statistisch signifikanter Trainingseffekt bei Laien nach einem BLS-Kurs (23 vs. 17 Strafpunkte; $p < 0,001$).⁴⁹ Ebenfalls konnte eine geringe Inter- und Intraobservervariabilität sowie die einfache Anwendbarkeit des Systems nachgewiesen werden.⁴⁹

Acht Jahre später wurde eine Studie publiziert, die das Bewertungssystem von 1992 aufgriff und modifizierte.⁵⁰ Neben einer Anpassung an die neueren Leitlinien wurden nun auch nicht-technische Fähigkeiten (Erstuntersuchung, Notruf etc.) mit in die Score-Liste aufgenommen. Aus sechs Parametern wurden zehn, wobei einige der ursprünglichen wegfielen und neue hinzukamen: Erstuntersuchung, Hilferuf, Öffnen der Atemwege, Überprüfung der Atmung, Notruf, Überprüfung Puls, Handposition, Kompressionsfrequenz, Drucktiefe, Beatmungsvolumen.⁵⁰ Auch mit diesem Bewertungssystem konnten die Autoren einen Trainingseffekt durch einen standardisierten BLS-Kurs bei Zahnmedizin-Studierenden nachweisen und zeigten eine hohe Objektivität des Tests bei einfacher Anwendbarkeit.⁵⁰ Dieses modifizierte

und validierte Bewertungssystem von BLS-Maßnahmen wurde unter anderem auch von einem Autorenteam aus Deutschland verwendet, dessen Arbeit von 2007 als Vorbild für diese Studie angesehen werden kann.⁵¹

In beiden Studien wurde die wichtige Annahme vorausgesetzt, dass „die BLS-Fähigkeit in der Trainingssituation an einer Übungspuppe mit der BLS-Fähigkeit in einer realen Situation korreliert“.^{49,50} Führt man diesen Gedanken fort, würden sich die während eines Trainingskurses verbesserten Fähigkeiten (im Sinne einer Score-Verbesserung) auch bei einer realen Reanimationssituation bemerkbar machen und sich positiv auf das Outcome eines Patienten auswirken. Leider mangelt es hier an Untersuchungen zur Übertragbarkeit dieser Grundannahme.^{49,50}

Eine Evaluation der BLS-Fähigkeiten von Allgemeinmedizinern nutzte zwei verschiedene Scoring-Systeme: Einerseits wurde eine reine Beobachter-Checkliste mit 16 Items angelegt, die sowohl nicht-technische als auch technische Fähigkeiten des BLS-Algorithmus erfasste.⁵² Andererseits wurde auf das 1992 veröffentlichte Bewertungssystem zum Vergleich zurückgegriffen.⁴⁹ Die beobachterbasierte Methode schätzte die BLS-Leistung deutlich besser ein als die Auswertung der Aufzeichnungen und kam damit zu einem ähnlichen Ergebnis wie die Arbeit von 1990.⁴⁸ Die Autoren vermuteten eine „Zurückhaltung bei einer schlechten Bewertung“, da es sich bei den Beobachtern ebenfalls um Allgemeinmediziner handelte.⁵² Daher sprachen sie sich für den Einsatz von aufzeichnungsfähigen Mannequins bei der Beurteilung der BLS-Leistung aus.⁵² Trotzdem sei eine Gesamtbeurteilung der BLS-Leistung alleine aufgrund einer Aufzeichnung nicht möglich, da sie nicht-technische Fähigkeiten nicht ausreichend berücksichtige.⁵² Deswegen wurde nachdrücklich die „Kombination der Bewertung durch Beobachter-Checkliste für diagnostische Verfahren und Trainingsgerät-Aufzeichnungen für die Durchführung der CPR“ empfohlen.⁵²

Ein weiteres Beispiel für eine Bewertungsmethode von BLS-Maßnahmen ist die Arbeit eines Teams aus Cardiff, das von 1997 bis 2003 über drei Publikationen ein System zur Beurteilung von BLS-Maßnahmen entwickelte.⁵³⁻⁵⁵ In der ersten Veröffentlichung wurde eine videobasierte Beobachter-Checkliste (CARE) mit neun Items erarbeitet, die die nicht-technischen Maßnahmen von der Ansprache bis zum telefonischen Notruf bewerteten.⁵³ Die zweite Studie erfasste mit einer Kombination aus Checkliste per Videomaterial und Aufzeichnung des Trainingsgerätes daran anschließend zehn Parameter der Reanimation in einem Bewertungsprotokoll (VIDRAP).⁵⁴ Die dritte Arbeit führte schließlich beide Bewertungssysteme für ein komplexes BLS-Szenario

zusammen und schuf mit Modifikationen die Version 3.1 des Cardiff Test of basic life support.⁵⁵ Durch die Entwicklung konnten Inter- und Intra-Beobachtungsvariabilität reduziert werden, jedoch war die Objektivität gerade bei nicht-technischen Fähigkeiten wie Überprüfung von Atmung und Kreislauf nicht besonders hoch.⁵⁵ Die Objektivität der Daten von den Trainingsgeräten hingegen wurde nicht untersucht, da diese „keine weitere Verarbeitung oder Interpretation erforderten“.⁵⁵

Als Update oder Nachfolger des Cardiff-Tests 3.1. wurde 2020 das Copenhagen-Tool von einer dänisch-britischen Autorengruppe entwickelt.⁵⁶ Es kann als „Leitfaden für Forscher dienen, um die Validität und Vergleichbarkeit bei der Untersuchung von pädagogischen Maßnahmen im Rahmen der BLS-Ausbildung zu erhöhen“.⁵⁶ Es enthält je nach Zielgruppe 15 (Laien) bis 22 (Fachpersonal) Items, in denen Probanden nach einer Weiterentwicklung des Cardiff-Tests 3.1 bewertet werden.⁵⁶ Die Autoren verstehen das Copenhagen-Tool als Mittel, um künftige Forschungsarbeiten zur Wirkung von BLS-Bildungsmaßnahmen zu vereinheitlichen und zu erleichtern.⁵⁶

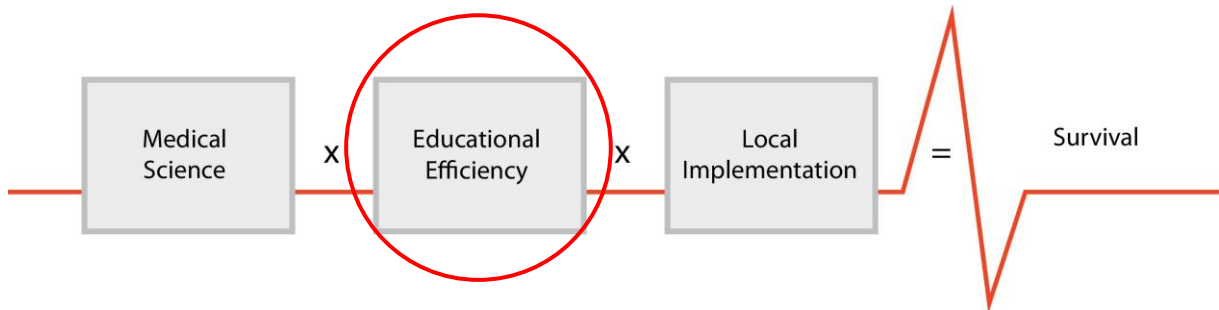
Ein systematisches Review, das sich mit der Fragestellung beschäftigte, wie die Bewertungsmethoden für Erste-Hilfe-Maßnahmen aussehen, analysierte zwei Reviews, zehn RCTs und drei Kohortenstudien.⁵⁷ Am häufigsten wurde die Qualität von BLS-Fähigkeiten untersucht, wofür meistens auf subjektive Beobachtungen oder objektive Mannequin-Aufzeichnung bzw. die Kombination beider zurückgegriffen worden ist.⁵⁷ Interessanterweise gewannen emotionale Faktoren (u.a. Selbstwirksamkeit) in neueren Untersuchungen zwar an Bedeutung, stellten jedoch immer noch ein vernachlässigtes Forschungsfeld bei Forschungsarbeiten zur Ersten Hilfe dar.⁵⁷

2.3 Lehre in der Reanimation

Schon in den frühen 2000er-Jahren wurde der Stellenwert einer effektiven Ausbildung für das Überleben der Betroffenen eines Herzkreislaufstillstandes erkannt: In der Tradition der Utstein-Empfehlungen aus den 1990er-Jahren brachte eine Gruppe von Experten während einer Tagung in Utstein im Jahr 2001 eine „Formel für das Überleben“ hervor (Abbildung 2).⁵⁸ Nach dieser Formel haben die drei Faktoren medizinische Wissenschaft (Leitlinien), effiziente Ausbildung und lokale Implementierung maßgeblich Einfluss auf die Überlebensraten bei Herzkreislaufstillstand.^{58,59} Aufgrund lokaler Unterschiede scheint es nicht möglich zu sein, international einheitliche Multiplikatoren für diese Formel zu definieren.

Dennoch kann die Formel als gedanklicher Rahmen genutzt werden und ruft den Stellenwert der Lehre in der Reanimation für das Outcome ins Gedächtnis.⁵⁹

Abbildung 2 – Die Utstein-Formel für das Überleben



Die Abbildung zeigt die Utstein-Formel für das Überleben (orig. Utstein-Formula of Survival) bestehend aus drei Multiplikatoren, die maßgeblich Einfluss auf das Überleben haben: Medizinische Wissenschaft (orig. Medical Science), effiziente Ausbildung (orig. Educational Efficiency) und lokale Implementierung (orig. Local Implementation). Rot markiert ist die effiziente Ausbildung, der eine wichtige Rolle bei der Behandlung von Herzkreislaufstillständen zukommt. Entnommen aus [59].

Die Aus- und Weiterbildung in der Reanimation hat in den letzten Jahrzehnten zahlreiche Veränderungen und Anpassungen erfahren. Einerseits wurden die Inhalte der Ausbildung regelmäßig durch Leitlinien-Updates an den wissenschaftlichen Forschungsstand angepasst. Beispielsweise zeigte die Einführungen der neuen Leitlinien 2005 einen Effekt auf die Nachhaltigkeit bei Medizinstudierenden.⁶⁰ Die Autoren untersuchten die BLS-Kompetenz von Studierenden im vierten Ausbildungsjahr ein Jahr nach einem BLS-Kurs, der entweder nach altem Curriculum von 2000 (Gruppe A: 64) oder nach neuem Curriculum von 2005 (Gruppe B: 71) abgehalten worden ist. Qualitative Thoraxkompressionen wurden von signifikant mehr Studierenden aus der zweiten Gruppe erreicht.⁶⁰

Andererseits hat die Didaktik in der Reanimationslehre Veränderungen und Anpassungen an moderne Konzepte erfahren. Simulationstraining ist eines dieser Konzepte und gilt mittlerweile als ein Standardverfahren bei der Vermittlung von Fachwissen und Kompetenzen in der medizinischen Ausbildung. Es stellt allerdings kein neues Konzept dar, sondern ist eine bereits länger etablierte Methode, die sich z. B. auf Jahrhunderte alte Simulatoren für Anatomie oder chirurgische Trainingsgeräte zurückdatieren lässt.⁶¹ In der jüngeren Geschichte ist die Simulation aber besonders eng mit der Lehre von Reanimationsmaßnahmen verknüpft.⁶² Auf Grundlage der Forschungsergebnisse von Peter Safar und William B. Kouwenhoven entwickelte

Asmund Laerdal (Spielzeug- und Puppenhersteller, 1913–1981) den ersten Reanimationstrainer, der heute als Resusci Anne bekannt ist.⁶² Das Trainingsgerät erlangte schnell internationale Bekanntheit und stellte einen wichtigen Meilenstein für die Simulation in der modernen Medizin dar, da es die Entwicklung weiterer, zunehmend komplexer werdender Simulatoren – auch in anderen Bereichen der Medizin – anstieß.⁶² Diese Weiterentwicklung erlaubte mit der Einführung von standardisierten Szenarien eine immer realistischere Darstellung von Situationen aus der Praxis. Dadurch wurde eine Ausbildung von medizinischem Personal ohne Gefährdung von Patienten ermöglicht.⁶² In der Lehre von Reanimationsmaßnahmen ist Simulationstraining daher eine „weitverbreitete und anerkannte Strategie“.³⁴ Peer Teaching auf der anderen Seite ist ebenfalls kein neues Lehrkonzept und wird bereits inner- und außerhalb der medizinischen Ausbildung eingesetzt. Ein klassisches Beispiel für Peer Teaching ist der Einsatz von Studierenden als Tutoren in Anatomiekursen. Der Effekt von Peer Teaching auf die studentischen Instrukturen ist dagegen bisher wenig untersucht. Der Begriff „Lernen durch Lehren“ wurde in den 1980er-Jahren von Jean-Pol Martin geprägt und wird weiter gefasst als Paragogik (engl. Paragogy) bezeichnet.³⁴ Neben dem positiven Einfluss des Unterrichts auf die eigenen Fähigkeiten werden unter anderem die Vorteile der Kosteneffektivität des Peer Teaching gegenüber herkömmlichen Kursformaten herausgestellt.⁶³ Im folgenden Kapitel sollen Forschungsergebnisse zu verschiedenen Aspekten der Lehre in der Reanimation sowohl innerhalb als auch außerhalb des Studiums vorgestellt werden.

2.3.1 Vermittlung von Basic Life Support

Ziel des BLS-Unterrichts ist die Vermittlung effektiver Thoraxkompressionen und die sichere Verwendung eines AED.³⁴ Der ALS-Kurs enthält alle Lerninhalte des BLS-Unterrichts und vermittelt darauf aufbauend erweiterte Handlungsalgorithmen (inkl. Atemwegsmanagement, manueller Defibrillation, Behandlung bei speziellen Reanimationssituationen und von Periarrest-Arrhythmien).³⁴ Als weitere wichtige Schwerpunkte wurden die Human Factors, Teamleitung und Teamkommunikation in die Kursprogramme mit aufgenommen.³⁴ Der ILS-Kurs schlägt eine Brücke zwischen BLS und ALS und legt seinen Schwerpunkt auf die Vermittlung der grundlegenden Reanimationsmaßnahmen mit Erweiterungen durch gewisse Themen aus dem ALS-Bereich.

Das in den Kursen erworbene Wissen scheint nach Forschungsergebnissen von 2008 nicht anhaltend im Gedächtnis der Teilnehmer zu bleiben.⁶ Es wurden theoretisches Wissen und praktische Fähigkeiten von 133 Pflegekräften in BLS und ALS vor, unmittelbar nach sowie 3, 6, 9 und 12 Monate nach einer vierstündigen Trainingseinheit gemessen. Sowohl BLS- als auch ALS-Fähigkeiten waren bereits nach 3 Monaten rückläufig, wobei ALS-Kompetenzen noch schneller verloren gingen.⁶ Innerhalb der BLS-Fähigkeiten kam es vor allem bei den Thoraxkompressionen zu einem deutlichen Kompetenzverlust im Zeitverlauf (84 vs. 36 %).⁶

Ein südkoreanisches Team untersuchte 2012 die BLS-Fähigkeiten von Assistenzärzten.⁶⁴ Die Testung von Kompressionsfähigkeiten (Frequenz und Tiefe) und nicht-Kompressionsfähigkeiten (zwölf Items inkl. Beatmung) fand unmittelbar nach BLS-Training sowie nach 6 bzw. 12 Monaten statt.⁶⁴ Der Abfall der nicht-Kompressionsfähigkeiten scheint die Ergebnisse der oben genannten Studie zu bestätigen.⁶⁴ Die Kompressionsfähigkeiten zeigten entgegen der Erwartungen eine gute Nachhaltigkeit.⁶⁴ Darauf bauen die Ergebnisse einer Arbeit aus Nordamerika auf: Notfallmediziner, die regelmäßig in Reanimationssituationen geraten, und deren letztes BLS-Training über 2 Jahre her ist zeigten eine genauso hohe Bestehensrate in einem BLS-Szenario wie ihre Kollegen mit BLS-Training innerhalb der letzten 90 Tage (91 vs. 92 %).⁶⁵

Interessanterweise scheint der Zeitpunkt der Testung eine Rolle bei der Nachhaltigkeit von BLS-Fähigkeiten zu spielen.⁶⁶ Nach einem etwa zweistündigen BLS-Training wurden 464 Medizinstudierende im fünften Jahr auf drei Gruppen aufgeteilt: Sie absolvierten entweder keine Abschlussprüfung, eine unmittelbare Abschlussprüfung oder eine Abschlussprüfung 3 Monate nach dem Kurs und wurden in den ersten beiden Gruppen 2 Monate nach Kurs und in der dritten Gruppe 5 Monate nach dem Kurs auf ihre BLS-Fähigkeiten getestet. Während die ersten beiden Gruppen einen ähnlichen Kompetenzerhalt zeigten, lag die mittlere Gesamtpunktzahl der Studierenden aus der dritten Gruppe signifikant höher ($p < 0,001$), dies betraf unter anderem auch die Kompressionsfrequenz.⁶⁶ Die Autoren konstatierten, „dass der Zeitpunkt der Prüfung die Beibehaltung der Kenntnisse bei Medizinstudenten im fünften Jahr beeinflusst“.⁶⁶ Die Nachhaltigkeit von BLS-Fähigkeiten könnte durch eine spätere Abschlussprüfung nach dem Kurs verbessert werden.⁶⁶

Bei der Suche nach nachhaltigeren Unterrichtsmethoden wurden in einer deutschen Studie von 2007, die als Vorbild für diese Arbeit betrachtet werden kann, drei Ansätze

für die Vermittlung von BLS-Fähigkeiten untersucht.⁵¹ 198 Medizinstudierende im fünften Jahr wurden auf drei Gruppen randomisiert: Die erste erhielt einen kombinierten BLS-/ALS-Kurs mit einer Auffrischung 1 bis 2 Wochen später. Die Probanden der zweiten Gruppe durchliefen den gleichen Kurs wie die erste Gruppe inklusive einer kurzen Einführung in den Rettungsdienst, den sie dann für 8 Stunden auf einem Fahrzeug begleiteten. In der dritten Gruppe wurde ein BLS-Kurs mit Vorbereitungen für Schulunterricht abgehalten, nach dem die Probanden in Dreiergruppen BLS in Schulklassen unterrichteten. Die BLS-Fähigkeiten der Studierenden wurden 2 bis 3 Wochen nach Vollendung der Kurse erfasst, wobei das von Graham und Lewis modifizierte System zur Beurteilung verwendet wurde.⁵⁰ Gegenüber den ersten beiden Gruppen schnitt die dritte Lehrmethode im praktischen Test signifikant besser ab ($p = 0,013$) und machte weniger schwerwiegende Fehler ($p < 0,001$ und $p < 0,05$).⁵¹ Die Ergebnisse der ersten beiden Gruppen unterschieden sich nicht signifikant.⁵¹ Obwohl die Schulunterrichts-Gruppe signifikant bessere praktische Fähigkeiten in der Testung nach 3 Wochen zeigte, handelte es sich dabei um ein frühes Leistungsbild. „Ob der Effekt besserer praktischer BLS-Fähigkeiten auch zu einem späteren Zeitpunkt noch vorhanden sei, müsse noch ermittelt werden“.⁵¹

Eine weitere kontrollierte Studie untersuchte den Effekt des Peer Teachings auf die Lehrfähigkeit und die BLS-Leistung von Medizinstudierenden im letzten Jahr.⁶⁷ 80 Probanden wurden auf zwei Gruppen randomisiert. In der Interventionsgruppe erhielten die Studierenden zuerst die Intervention und durchliefen dann die Datenerfassung, während die Reihenfolge in der Kontrollgruppe umgekehrt war. Für die Intervention nahmen die Studierenden zuerst an einem vierstündigen CPR-Instruktorenkurs teil und gingen anschließend in Zweiergruppen für eine Unterrichtseinheit an Schulen. Die Datenerfassung beurteilte in zwei Stationen die Lehrfähigkeiten und in einer Station die BLS-Fähigkeiten mittels Simulationsszenario und einer Item-Checkliste. Beim BLS-Szenario schnitt die Interventionsgruppe signifikant besser als die Kontrollgruppe ab ($p = 0,007$) und zeigte dabei höhere Erfolgsraten bei fast allen BLS-Items. Vor allem eine effektive Beatmung ($p = 0,044$) und die Vermeidung von Unterbrechungen länger als 10 Sekunden ($p = 0,031$) wurden in der Interventionsgruppe signifikant häufiger bestanden als in der Kontrollgruppe.⁶⁷ Auch die Ergebnisse bei den Lehrfähigkeiten zeigte eine statistisch signifikante Überlegenheit der Interventionsgruppe.⁶⁷ Die Autoren unterstützten damit die Hypothese, „dass Medizinstudenten, die an einem CPR-Instruktorenkurs teilnehmen, ihre Effektivität beim Unterrichten und ihre BLS-Fähigkeiten verbessern“.⁶⁷

Einen anderen Ansatz verfolgte eine Studie, die Instruktoren-Feedback mit videobasiertem Peer-Feedback im Rahmen einer BLS-Schulung mit der Vier-Schritte-Methode nach Peyton verglich.⁶⁸ 288 Medizinstudierende im ersten Jahr wurden auf zwei Gruppen aufgeteilt: Waren die ersten drei Schritte in den Studienarmen noch identisch, erhielten die Studierenden im vierten und letzten Schritt (eigenständiges BLS-Training) entweder ein Standard-Instruktor-Feedback (SIF) oder in Zweiergruppen gegenseitiges Peer-Video-Feedback (PVF). Ihren Erwartungen entsprechend konnten die Autoren die Nicht-Unterlegenheit des PVF gegenüber dem SIF in Bezug auf Kompressionstiefe und gesamte BLS-Leistung zeigen.⁶⁸ Dagegen unterlag das PVF dem SIF bei der Kompressionsfrequenz, weswegen die Autoren den zusätzlichen Einsatz eines Metronoms empfahlen, um die Leistung bei der Kompressionsfrequenz zu verbessern.⁶⁸

2.3.2 Medizinstudierende im Kontext der Reanimationslehre

Das Studium der Humanmedizin wird in Deutschland unter anderem durch die Approbationsordnung, die Bundesärzteordnung und weitere Richtlinien geregelt. Darin werden keine konkreten inhaltlichen Vorschriften gemacht. Die Approbationsordnung von 2002 (§1 Abs. 2 und §5) fordert einen Erste-Hilfe-Kurs, der bei Anmeldung zum ersten Staatsexamen nachgewiesen werden muss, jedoch keiner zeitlichen Befristung unterliegt.^{69,70} Konkreter ist die 2015 veröffentlichte erste Fassung des Nationalen Kompetenzbasierten Lernzielkatalogs (NKLM), dessen zweite Fassung ab 2025 fest in die Approbationsordnung integriert werden soll. Sie fordert die selbstständige und situationsadäquate Durchführungskompetenz (Kompetenzebene 3b) von BLS spätestens im Praktischen Jahr (Abbildung 3).⁷¹ Die hochschuleigene Studienordnung regelt dann den genauen Unterrichtsablauf an den einzelnen Universitäten: Im klinischen Abschnitt des Studiums in Mainz werden Wiederbelebungsmaßnahmen in den Fächern Anästhesie I und zum Teil auch im Querschnittsfach Q8 Notfallmedizin vermittelt.⁷² Die insgesamt 39 Stunden der beiden Fächer werden auf Vorlesungen, Seminare und praktische Übungen aufgeteilt.⁷² Davon werden schließlich etwa 2 bis 4 Stunden mit der praktischen Übung von BLS verbracht.

Abbildung 3 – Notfallmedizinische Kompetenzen des NKLM 2015

NKLM 2015		Kompetenzen und Lernziele					
ID	Kompetenz bzw. Lernziel	GL	BK	PJ	WK	Wiss	Anwendungsbeispiele
17.5.2	Sie wenden Maßnahmen des Basic und des Advanced Life Support an. Sie können ...						
17.5.2.1	den Basic Life Support-Algorithmus anwenden.		3a	3b	3b		BLS Algorithmus, Herzdruckmassage; Kardioversion, Defibrillation, Atemwege frei machen (Kopf überstrecken, Kinn anheben)
17.5.2.2	den Advanced Life Support-Algorithmus anwenden.			3a	3b		

Auszug aus dem Nationalen Kompetenzbasierten Lernzielkatalog Medizin. Es werden die geforderten notfallmedizinischen Kompetenzebenen für Vorklinik (GL), Klinik (BK), Praktisches Jahr (PJ) und ärztliche Weiterbildungszeit (WK) dargestellt. Die Kompetenzebene 3 beschreibt eine Handlungskompetenz bei der eine Maßnahme entweder unter Anleitung selbst durchgeführt und demonstriert werden kann (3a) oder selbstständig und situationsadäquat in Kenntnis der Konsequenzen durchgeführt werden kann (3b). Somit wird von Medizinstudierenden spätestens ab dem Praktischen Jahr eine umfassende Kompetenz im Bereich BLS erwartet.

Eine britische Querschnittsstudie ermittelte bei über 3.000 Medizinstudierenden von 21 medizinischen Fakultäten Einstellung und Wissen der Erst- und Viertsemester zu BLS.⁷³ Es wurden bisherige BLS-Ausbildung, Faktenwissen mit fünf Multiple-Choice Fragen (MC-Fragen) und der Wunsch nach weiterer BLS-Ausbildung erfragt.⁷³ Nur etwa 10 % aller Befragten konnten die fünf MC-Fragen richtig beantworten, generell nahm das Faktenwissen jedoch vom ersten zum vierten Semester zu.⁷³ Interessanterweise hatten fast 70 % der Erst- und Viertsemester zum Zeitpunkt der Befragung bereits außerhalb des Studiums ein BLS-Training absolviert.⁷³ Die Teilnahme an einem Reanimationstraining im Rahmen des Studiums dagegen stieg vom ersten Semester zum vierten Semester an (68 vs. 98 %).⁷³ Über 80 % der Studierenden wünschten sich mehr BLS-Training als festen Bestandteil des Studiums und viele waren der Meinung, dass sie in der Lage sein müssten, einen Herzkreislaufstillstand außerhalb des Krankenhauses behandeln zu können.⁷³

Für die Einschätzung der Algorithmus-Sicherheit wurden in einer randomisierten Simulationsstudie 102 Medizinstudierende auf drei mögliche Szenarien verteilt: Bewusstlosigkeit mit physiologischer Atmung, agonaler Atmung und Apnoe.⁷⁴ Während die Apnoe in den meisten Fällen richtig erkannt und behandelt worden ist, lag die falsche Indikationsstellung für oder gegen die Einleitung einer Reanimation bei den Szenarien mit physiologischer und agonaler Atmung bei fast 50 %.⁷⁴ Damit war die Wahrscheinlichkeit für eine Fehlentscheidung der Studierenden hoch ($p = 0,005$).⁷⁴

Die Untersuchung konnte eine große Unsicherheit von Studierenden beim Einschätzen der Situation mit Einleitung der richtigen Behandlung zeigen. Selbst bei Studierenden mit abgeschlossener Berufsausbildung schien die BLS-Kompetenz gering zu sein.⁷⁴

Ob die an einer medizinischen Hochschule etablierte BLS-Ausbildung Medizin- und PA-Studierende ausreichende Fähigkeiten gemäß der AHA-Leitlinie vermittelt, untersuchte eine Studie aus den USA.⁷⁵ Die BLS-Leistung wurde unmittelbar nach dem Kurs erfasst: Dabei wurden durchschnittlich 88 % eines Zyklus mit richtiger Kompressionsfrequenz, 75 % mit adäquater Drucktiefe und 78 % mit vollständiger Brustwandentlastung durchgeführt. Allerdings legten die Autoren für Kompressionsfrequenz und Drucktiefe nur untere Grenzwerte fest. Eine Frequenz von über 121 Kompressionen min⁻¹ und Tiefen größer als 6 cm wurden als adäquat eingestuft. Bei den Beatmungen zeigten nur etwa 44 % ein ausreichendes Volumen, 12 % waren zu hoch und 41 % zu niedrig.⁷⁵ Von 10 erwartbaren Beatmungsversuchen waren 2 im Schnitt nicht erfolgreich.⁷⁵ Insgesamt identifizierten die Autoren Drucktiefe und Beatmungsvolumen als schwächste BLS-Fähigkeiten, deren Vermittlung in BLS-Schulungen verbessert werden müsste.⁷⁵

Eine Untersuchung der Nachhaltigkeit von BLS-Fähigkeiten bei 50 Medizinstudierenden im ersten Jahr nach einem 40 Stunden dauernden BLS-Kurs zeigte nach 6 Monaten einen signifikanten Fähigkeitsverlust in der Gesamtleistung.⁷⁶ Erreichten unmittelbar nach der Schulung 78 % der Studierenden ein exzellentes Gesamtergebnis, waren es bei der Untersuchung nach 6 Monaten nur noch 40 % ($p < 0,01$). Dies betraf auch die Kompressions- und Beatmungsfähigkeiten. Interessanterweise halten die Autoren es nicht für möglich, mit einem „robusteren Kurs die Nachhaltigkeit der Fähigkeiten zu verbessern“.⁷⁶ Stattdessen empfahlen sie die weitere Forschung unter Miteinbeziehung klinischer Ergebnisse, um zu zeigen, „dass Schulungen nicht nur die Fähigkeiten verbessern, sondern auch Leben retten können“.⁷⁶ Damit griffen die Autoren ein bereits angesprochenes wichtiges Problem bei der Schulung und Beurteilung von BLS-Fähigkeiten auf: Es existiert bisher kein Nachweis einer Korrelation von BLS-Fähigkeiten in einer Trainingssituation an einem Übungsgerät mit den BLS-Fähigkeiten in einer realen Situation.^{49,50}

Die Ausbildung von Medizinstudierenden in BLS-Maßnahmen muss weiter untersucht und verbessert werden. Auch vollausgebildetes Fachpersonal fühlt sich, trotz der Vermittlung von theoretischen und praktischen Fähigkeiten während der Ausbildung, nicht ausreichend auf Notfälle vorbereitet und bekommt Angst vor Reanimationssituationen.^{77,78}

In einer Studie aus Schweden wurden über 2.000 Mitarbeiter zweier Krankenhäuser nach ihrer Selbsteinschätzung vor und nach einem BLS-Training gefragt.⁷⁹ Davon hatten bereits 945 Mitarbeiter Erfahrungen mit realen Reanimationssituationen gemacht.⁷⁹ Alle untersuchten Gruppen fühlten sich nach dem Training sicherer in ihren Kenntnissen von BLS (bei Ärzten: 52 vs. 70 %; $p < 0,001$). Pflegekräfte profitierten dabei noch mehr als Ärzte.⁷⁹ Andererseits konnten z. B. Ängste vor Infektionen bei der Mund-zu-Mund-Beatmung abgebaut werden (bei Ärzten: 90 vs. 14 %; $p < 0,001$).⁷⁹

Bei einer weiteren Befragung von Gesundheitspersonal, mit oder ohne BLS-Kurs innerhalb des dreijährigen Studienzeitraumes, zeigten die Kursbesucher eine signifikante positivere Selbsteinschätzung der eigenen Fähigkeiten gegenüber den Nicht-Kursbesuchern (65 vs. 53 %; $p < 0,001$).⁸⁰

Ein effektives und kontinuierliches Training kann helfen Sicherheit für Reanimationssituationen zu schaffen. Deswegen muss über weitere Optimierungsmöglichkeiten in der Lehre zur Wissensvermittlung und verschiedene Unterrichtskonzepte, auch im Medizinstudium, nachgedacht werden.

3 Material und Methoden

3.1 Ethik-Kommission

Zur Durchführung der Studie wurde ein Ethik-Antrag eingereicht, der am 09.03.2020 von der Landesärztekammer Rheinland-Pfalz bewilligt wurde. Da es sich primär um eine Maßnahme der Aus- und Weiterbildung (Qualitätssicherung) handelte, bestanden keine Bedenken gegen eine Durchführung. Die zu diesem Zeitpunkt bereits begonnene Studie konnte daher problemlos fortgesetzt werden.

3.2 Stichprobe

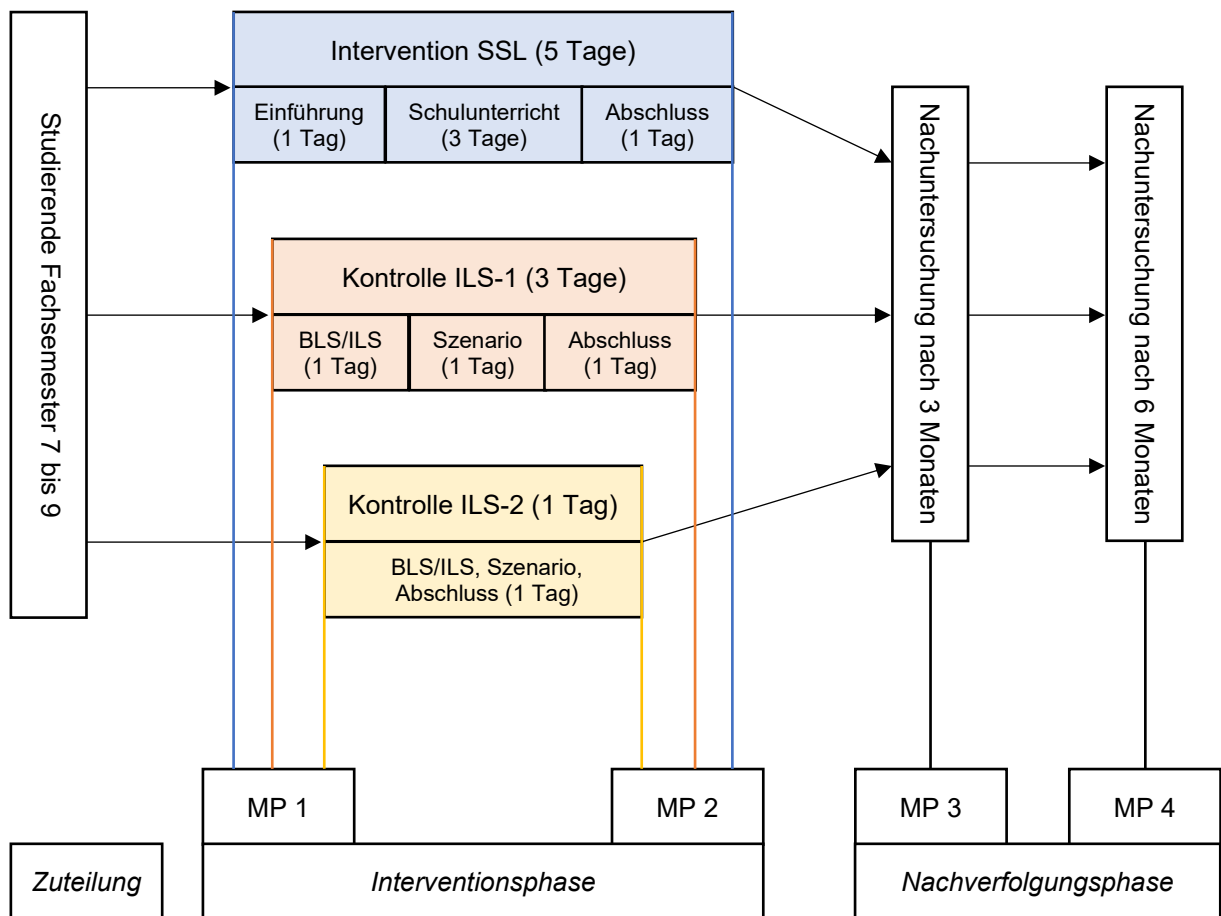
In die vorliegende Studie wurden Studierende der Humanmedizin an der Universitätsmedizin Mainz der Fachsemester 7 bis 9 eingeschlossen. Studierenden dieser Semester wird die Möglichkeit geboten am Wahlfach Students Save Lives (SSL, BLS-Kurs mit Peer Teaching) oder am Wahlfach Notfallmedizin (ILS, ILS-Kurs mit Simulationstraining) teilzunehmen, welche sich beide mit dem Thema Reanimation zusätzlich zur curricularen Lehre beschäftigten. Die Studierenden konnten sich 3 Monate vor Beginn der Wahlpflichtwoche priorisiert für verschiedene Wahlfächer anmelden. Die endgültige Zuteilung erfolgte durch das Dekanat der Universitätsmedizin Mainz. Der verwendete Zuteilungsmechanismus wurde vom Dekanat nicht freigegeben und war durch die Studienleitung nicht beeinflussbar. Der Einschluss in die Studie beruhte auf Freiwilligkeit. Jeder Studierende wurde nur einmal in diese Studie eingeschlossen. Einige Probanden haben innerhalb des Studienzeitraum in aufeinanderfolgenden Semestern an beiden Wahlfächern (SSL und ILS) teilgenommen. In diesem Fall wurden nur die Daten der jeweils ersten Teilnahme erfasst. Die Daten der zweiten Teilnahme wurden nicht erhoben.

3.3 Studiendesign

In die Studie wurden Studierende eingeschlossen, die für ihre Wahlpflichtwoche das Wahlfach SSL oder das Wahlfach ILS gewählt haben. Die Studierenden des Wahlfachs SSL stellten dabei die Interventionsgruppe dar, während die Studierenden des Wahlfachs ILS als Kontrollgruppe dienten. Nach der Zuteilung auf die Interventionen gliederte sich die Studie in eine Interventions- und eine Nachverfolgungsphase. Zu Beginn der Interventionsphase wurde von jedem Probanden ein Ausgangswert (Messpunkt 1, MP 1) festgehalten. Danach erfolgte die

jeweilige Intervention, die mit der Aufzeichnung eines ersten Entwicklungswertes (Messpunkt 2, MP 2) abgeschlossen wurde. In der Nachverfolgungsphase wurde dann die weitere postinterventionelle Entwicklung mit Datenerhebungen im Abstand von 3 Monaten (Messpunkt 3, MP 3) und 6 Monaten (Messpunkt 4, MP 4) nach Intervention erfasst. Abbildung 4 bietet eine zusammenfassende Übersicht über das Design und die Gruppen.

Abbildung 4 – Studiendesign



Darstellung des Studiendesigns. Nach Zuteilung der Probanden auf die Interventionsgruppe (Students Save Lives; SSL) oder eine der beiden Kontrollgruppen (Notfallmedizin; ILS-1 und ILS-2) gliederte sich die Studie in eine Interventions- und eine Nachverfolgungsphase. Im Rahmen der Interventionsphase wurden unmittelbar vor Beginn und nach Abschluss der Interventionen ein Ausgangswert (Messpunkt 1; MP1) und ein erster Entwicklungswert (Messpunkt 2; MP2) erfasst. In der Nachverfolgungsphase wurde dann die weitere postinterventionelle Entwicklung nach 3 Monaten (Messpunkt 3; MP3) und nach 6 Monaten (Messpunkt 4; MP4) aufgezeichnet.

3.4 Zeitverlauf

Im Wintersemester 2019/20 konnten die Wahlfächer SSL und ILS (ILS-1) problemlos durchgeführt werden. In dem Wahlfach SSL (Interventionsgruppe) konnten 37 Probanden eingeschlossen werden und in dem Wahlfach ILS 47 Probanden (ILS-1). Die Nachverfolgungsphase dieses Durchlaufs schloss sich im darauffolgenden Sommersemester 2020 an.

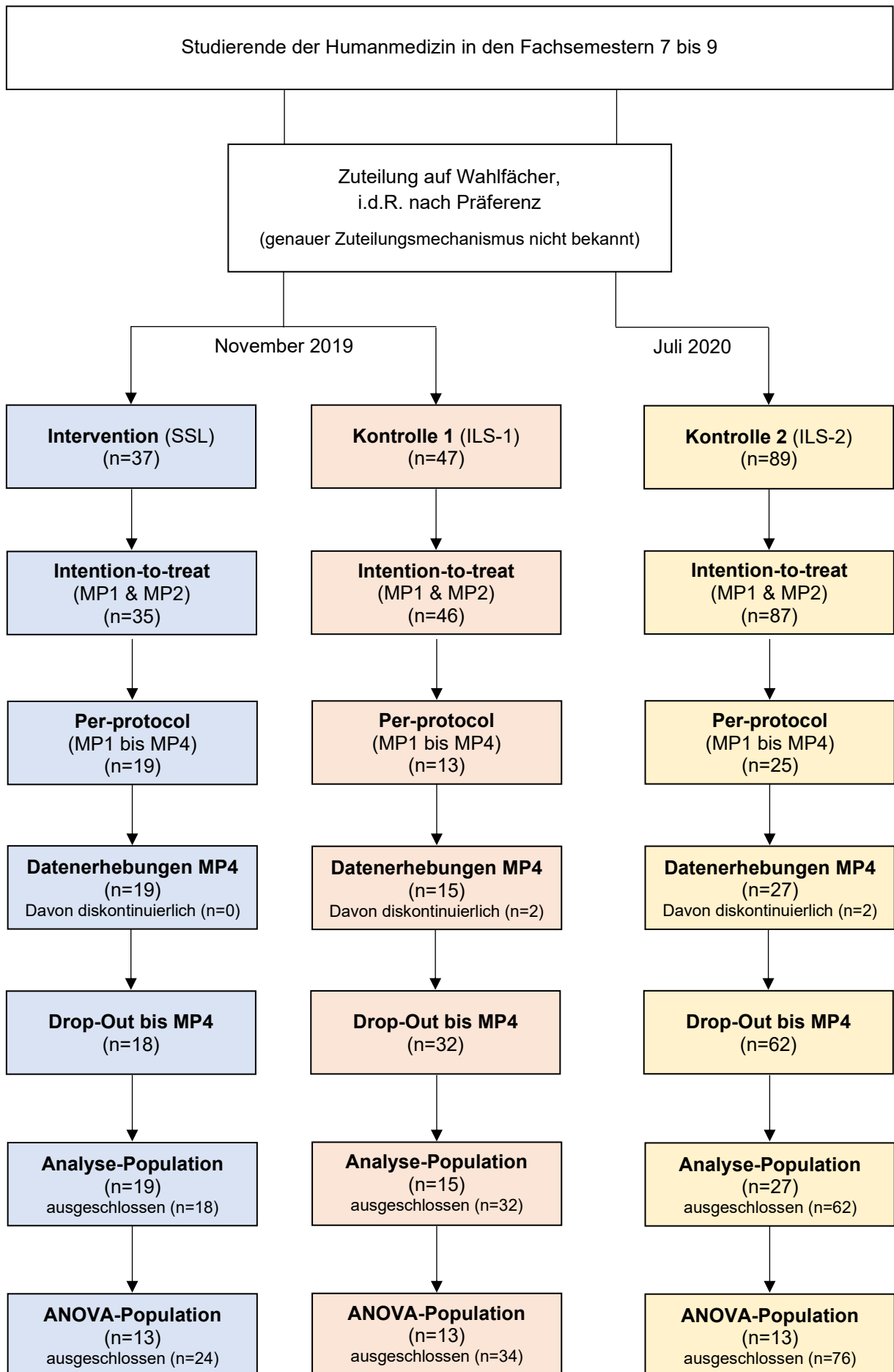
Um weitere Probanden zu gewinnen, war ein zweiter Durchlauf im Sommersemester 2020 geplant. Aufgrund der Corona-Pandemie konnte das Wahlfach SSL allerdings nicht stattfinden, da das Infektionsrisiko für die Schulkinder zu groß war bzw. diese auch im Distanzunterricht waren. Da der ILS-Kurs im Sommersemester 2020 trotz der Pandemie durchgeführt wurde, konnten 89 Studierenden als zweite Kontrollgruppe (ILS-2) in die Studie eingeschlossen werden. Die Nachverfolgung dieser Gruppe fand im Wintersemester 2020/2021 statt. Tabelle 1 listet die Gruppen mit dem jeweiligen Zeitraum der Interventionen und Nachverfolgungen auf. Eine detaillierte Übersicht über die Gruppen sowie die Anzahl der final ausgewerteten Probanden ist in Abbildung 5 zu sehen.

Tabelle 1 – Gruppenübersicht

Gruppe	Intervention	Nachverfolgung	
Wintersemester 2019/2020	November 2019	Februar 2020	Mai 2020
SSL	MP1 und MP2	MP3	MP4
ILS-1	MP1 und MP2	MP3	MP4
Sommersemester 2020	Juli 2020	Oktober 2020	Januar 2021
ILS-2	MP1 und MP2	MP3	MP4

Übersicht über den zeitlichen Verlauf der Datenerfassungen für die Interventionsgruppe (Students Save Lives; SSL) und die beiden Kontrollgruppen (Notfallmedizin; ILS-1 und ILS-2) über die Messpunkte 1 bis 4 (MP1 bis MP4).

Abbildung 5 – Gruppenübersicht



Ad Abbildung 5: Darstellung einer Übersicht über die Studiengruppen angelehnt an das Consort-Schema. Es werden die entsprechenden Probandenzahlen von Interventionsgruppe (Students Save Lives; SSL) und beiden Kontrollgruppen (Notfallmedizin; ILS-1 und ILS-2) angezeigt: Die Intention-to-treat-Population beinhaltet alle Probanden, die an den Interventionen sowie den Messpunkten 1 und 2 (MP1 & MP2) teilgenommen haben. Zur Per-protocol-Population gehören alle Probanden, die an den Interventionen und allen Messpunkten (MP1 bis MP4) teilgenommen haben. Außerdem wird die Anzahl der Probanden angegeben, die am letzten Messpunkt (MP4) teilgenommen haben sowie der Drop-Out bis dahin. Zur Prüfung der Nullhypothesen des primären Endpunktes mit Hilfe einer Mixed Model ANOVA wird die kleinste gemeinsame Gruppengröße gewählt, bei der zu allen Messpunkten Daten vorhanden sind. Sie entspricht damit der Per-protocol-Population von ILS-1 und wird ANOVA-Population genannt. Aus den Gruppen mit mehr Probanden in den Per-protocol-Populationen (SSL und ILS-2) werden dementsprechend nur die ersten 13 Probanden für diese Populationen (zufällig) ausgewählt. Für die deskriptive Analyse der sekundären Endpunkte werden alle Probanden berücksichtigt, bei denen eine Datenerhebung bei Messpunkt 4 (MP4) vorliegt. Diese Population wird als Analyse-Population bezeichnet.

3.5 Durchführung

Im Folgenden werden die beiden Wahlfächer SSL und ILS erläutert. Nach Auflistung des für die Wahlfächer verwendeten Materials wird der Ablauf der Kurse beschrieben.

3.5.1 Students Save Lives – SSL (Interventionsgruppe)

3.5.1.1 Material Interventionsgruppe

Tabelle 2 – Material SSL

Material	Hersteller
Simulatoren und Zubehör	
Little Anne	Laerdal Medical
Little Junior	Laerdal Medical
Gesichtsteil und Luftweg Little Anne/Junior	Laerdal Medical
Übungsmatte	Laerdal Medical
Übungsbeatmungstücher	Laerdal Medical
Monitore, Defibrillatoren und AEDs	
LIFEPAK CR Plus	Physio Control
Elektronik	
iPad (inkl. Kabel)	Apple
Apple TV (inkl. Kabel und Fernbedienung)	Apple
HDMI-Kabel und HDMI-VGA-Adapter	
JBL FLIP 4 (inkl. Kabel)	JBL
Beumer	Gestellt durch Schule vor Ort
Software	
QCPR-Training (iOS)	Laerdal Medical
iTunes (iOS)	Apple
Sonstiges	
kodan® (N) wipes	Schülke
Ersatzbatterien	
Ablauf-Plan und Material-Checkliste	
Einwilligungsbogen Lehrkräfte und Fotodokumentation	
Evaluationsbogen Lehrkräfte und Klasse	

Auflistung des verwendeten Materials in der Interventionsgruppe (Students Save Lives; SSL).

3.5.1.2 Ablauf der Interventionsgruppe (SSL)

Das fünftägige Wahlfach SSL begann mit der Kleingruppenbildung und einer Auffrischung in Basis-Wiederbelebung an einem BLS-Trainingsgerät (Little Anne). Zum Schluss machten sich die Kleingruppen mit dem Material und dem Kurskonzept für den Unterricht in den Schulen vertraut.

In den folgenden 3 Tagen gingen die Probanden in Kleingruppen an die Schulen in und um Mainz und unterrichteten dort Schüler der siebten Klasse in Basis-Wiederbelebungsmaßnahmen. Von den Gruppen wurden pro Tag drei bis sechs Klassen mit jeweils zwanzig bis dreißig Schülern unterrichtet. Die Probanden beteiligten sich bei jeder Unterrichtsstunde als Lehrende, sodass ein einzelner dadurch ungefähr auf acht bis zehn Unterrichtseinheiten in 3 Tagen kam. Für technische Schwierigkeiten oder besondere Fragestellungen begleitete ein Betreuer aus der Universitätsklinik die Kleingruppen bei den Schulbesuchen. Der letzte Tag schloss das Wahlfach mit einer Nachbesprechung und einem Fazit ab.

3.5.1.3 Ablauf Unterrichtseinheit

Das Kurskonzept sah zuerst eine Demonstration des BLS-Algorithmus an einem Trainingsgerät im sogenannten „Peyton’s four step approach“ vor: Zunächst wurde der Ablauf des Algorithmus durch einen Instruktor in Echtzeit unkommentiert dargestellt. Danach wurde der Algorithmus erneut vorgeführt und mit der Beschreibung des gezeigten Vorgehens durch einen zweiten Instruktor ergänzt. Im dritten Durchlauf führte einer der Instruktoren den Algorithmus nach Anleitung der Schüler durch. Zuletzt demonstrierte ein Schüler aus der Klasse den Algorithmus, wobei er die einzelnen Schritte laut auf sagte. So sollte der initial womöglich komplex erscheinende BLS-Algorithmus für die Schüler einfach und nachvollziehbar dargestellt werden. Im Anschluss an die Demonstration konnten die Schüler in Kleingruppen unter der Aufsicht eines Instructors die gezeigten BLS-Maßnahmen an den Trainingsgeräten üben. Als Hilfestellung für die richtige Kompressionsfrequenz wurde dabei über den Bluetooth-Lautsprecher Musik mit einer Taktfrequenz von 100 bis 120 Schlägen min^{-1} eingespielt. Da für große Klassen nicht genug Little Annes zur Verfügung standen, wurde auch auf Little Juniors zurückgegriffen. Diese unterschieden sich von ihrem erwachsenen Gegenmodell nicht in der Technik oder Handhabung, sondern lediglich in ihrer Größe. Um ein hygienisches Arbeiten bei der Mund-zu-Mund-Beatmung zu ermöglichen, wurden Beatmungstücher von Laerdal verwendet. Nach der

Übungseinheit wurde ein Wettrennen zwischen den Kleingruppen veranstaltet, bei dem die Kinder im Wechsel von 2 Minuten reine Thoraxkompressionen durchführten. Die Trainingsgeräte waren über Bluetooth und die QCPR-Trainings-App mit einem Tablet verbunden, dessen Bildschirm per Beamer an die Wand projiziert worden ist. Hier wurde pro Kleingruppe ein Rettungswagen animiert, der sich auf eine Ziellinie zubewegte und schneller fuhr, je besser die Thoraxkompressionen durchgeführt worden sind. Die Kleingruppe mit den qualitativsten Thoraxkompressionen und den wenigsten Unterbrechungen konnte das Rennen für sich entscheiden. Zum Abschluss der Unterrichtseinheit wurde ein BLS-Algorithmus mit einem sprachgesteuerten AED (LIFEPAK CR Plus) demonstriert, um der Klasse ein weiteres Hilfsmittel für den BLS-Algorithmus zu zeigen.

3.5.2 Wahlfach Notfallmedizin – ILS (Kontrollgruppe)

3.5.2.1 Material Kontrollgruppe

Tabelle 3 – Material ILS-1 und ILS-2

Material	Hersteller
Simulatoren und Zubehör	
Resusci Anne Advanced	Laerdal Medical
Monitore, Defibrillatoren und AEDs	
REALITi 360	iSimulate (3B Scientific GmbH)
Elektronik	
Beamer	
Laptop	
Software	
REALITi (iOS)	iSimulate (3B Scientific GmbH)
Sonstiges	
kodan® (N) wipes	Schülke
Notfalltasche nach Packliste	Kapitel 8.1
Immediate Life Support Manual	European Resuscitation Council
Instructor Manual	European Resuscitation Council

Auflistung des verwendeten Materials in den Kontrollgruppen (Notfallmedizin; ILS-1 und ILS-2).

3.5.2.2 Ablauf der ersten Kontrollgruppe (ILS-1)

Das reguläre Wahlfach ILS-1 fand über 3 Tage statt und orientierte sich im Inhalt an dem eintägigen ILS-Kursformat des ERC. Vor Beginn des Kurses wurde den Studierenden das ILS-Manual für ein theoretisches Selbststudium bereitgestellt. Dem Vorbild des Kurses entsprechend wurden die Studierenden in Kleingruppen eingeteilt und sollten für den Kursverlauf abwechselnd in die Rolle eines Team-Führers und eines Team-Mitgliedes schlüpfen. Die Kleingruppen wechselten nach jeder Station bzw. jedem Szenario ebenfalls die Räume und damit auch das Instruktoren-Team. Für die Szenarien standen als Trainingsgerät eine Resusci Anne Advanced von Laerdal, für die Überwachung und Defibrillation ein REALiTi 360 von iSimulate und zum weiteren Arbeiten eine Notfalltasche nach Packliste bereit.

Der erste Tag begann mit einer Skill Station zum Thema BLS-Maßnahmen und Defibrillation, an die sich eine zweite Skill Station anschloss, die die Probanden mit dem ABCDE-Schema vertraut machte. Dann wurden die vorangegangenen Skill Stationen im ersten Szenariotaining praktisch behandelt. Zuletzt beschäftigten sich die Probanden bei einer weiteren Skill Station mit dem intraossären Zugang. Der Beginn des zweiten Tages führte die Probanden in die EKG-Diagnostik und das einfache Atemwegs-Management ein. Es folgten ein Vortrag über den ALS-Algorithmus und eine Demonstration des Algorithmus an einem Fallbeispiel durch das Instruktoren-Team. Schließlich übten die Probanden den ALS-Algorithmus mit je einem Szenariotaining zum defibrillierbaren und zum nicht-defibrillierbaren Herzkreislaufstillstand. Am dritten Tag befassten sich die Probanden zuerst mit nicht-technischen Fähigkeiten: Es wurden Fähigkeiten besprochen, die über das reine Beherrschen von Maßnahmen hinausgehen und z. B. die Kommunikation im Team betreffen. Den Abschluss des Wahlfaches bildeten zwei weitere Szenariotainingseinheiten zu den Themen Entscheidungsfindung und Post-Reanimationsbehandlung. Im Anschluss daran war eine freiwillige Teilnahme an einem Test-Szenario für ein ILS-Zertifikat möglich.

3.5.2.3 *Ablauf der zweiten Kontrollgruppe (ILS-2)*

Das eintägige Wahlfach ILS-2 war eine Besonderheit der Covid-19-Pandemie, da ein Kurs mit vielen Probanden über mehrere Tage und häufigen Raumwechseln nach oben beschriebenen Ablauf unter den damals gültigen Hygiene-Auflagen nicht möglich war. Damit kam dieses Wahlfachformat dem eintägigen ILS-Kursformat des ERC als Vorbild – bis auf die Hygiene-Maßnahmen – sehr nahe. Abgesehen von den Hygiene-Auflagen blieben genutztes Material und Inhalt des Kurses unverändert. Die Probanden wechselten dabei nicht zwischen den Räumen.

Vor einer Einteilung in die Kleingruppen mussten sich die Probanden selbstständig mittels Schnelltest auf Covid-19 testen. Dann erfolgte eine Einführung in die erweiterten Hygiene-Maßnahmen: Desinfektion von Personen und Geräten, Lüftungs- und Abstands-Vorgaben, An- und Ablegen der persönlichen Schutzausrüstung (PSA: FFP2-Maske, Face Shield, Kittel und Handschuhe). Es folgten die Skill Stationen zu BLS-Maßnahmen und Defibrillation sowie dem ABCDE-Schema. Daraufhin durchliefen die Probanden zwei weitere Stationen zu den Themen EKG-Diagnostik und Atemwegs-Management inklusive intraossärer Zugang. Bei der Station zum Atemwegs-Management wurde auch gezielt auf Fragen der Atemwegssicherung bei hochinfektiösen Atemwegserkrankungen eingegangen. Schließlich wurde der Vortrag zum ALS-Algorithmus gehalten und statt der Demonstration durch das Instruktoren-Team ein Video eingespielt, das den ALS-Algorithmus-Ablauf zeigte. Zuletzt bekamen die Probanden in vier Trainingsszenarien die Möglichkeit, die erlernten Fähigkeiten praktisch anzuwenden. Die Trainingsszenarien entsprachen den ersten vier des regulären Wahlfaches (BLS/ABCDE-Schema, defibrillierbarer Herzkreislaufstillstand, nicht-defibrillierbarer Herzkreislaufstillstand, Entscheidungsfindung). Somit wurde aufgrund fehlender Zeitkapazitäten inhaltlich lediglich das letzte Szenariotraining aus dem ursprünglichen Wahlfach weggelassen.

3.5.3 Datenerhebungen

3.5.3.1 Material Datenerhebungen

Tabelle 4 – Material Datenerhebungen

Material	Hersteller
Simulatoren und Zubehör	
AmbuMan® Wireless	Ambu
Ambu Gesichtsmaske für AmbuMan	Ambu
Ambu Einweg-Luftbeutel für AmbuMan	Ambu
Elektronik	
iPad	Apple
Software	
AmbuMan® Wireless Software	Ambu
Sonstiges	
kodan® (N) wipes	Schülke
Selbsteinschätzungsbogen und Szenario	Abbildung 21 und Abbildung 22
BLS-Bewertungsbogen	Abbildung 23

Auflistung des verwendeten Materials bei den Datenerhebungen.

3.5.3.2 Versuchsaufbau und Technik

Die Datenerhebungen fanden in einzelnen Räumen statt. Das zur Datenerfassung verwendete Trainingsgerät (AmbuMan® Wireless) lag mit geschlossener Jacke auf einer Trainingsmatte auf dem Boden. Für jeden Probanden wurde das Trainingsgerät mit einer frischen Gesichtsmaske sowie Einweg-Luftbeuteln vorbereitet. Die Geräte bauten bei Einschalten ein drahtloses Netzwerk, in das sich ein WLAN-fähiges Endgerät (iPad) zur Bedienung des Trainingsgeräts einwählen konnten. Vor dem Beginn einer neuen Sitzung mussten die Probanden dem System mit ihrem zehnstelligen Buchstaben- und Zahlencode hinzugefügt werden. Erst dann konnte der Proband ausgewählt und eine neue Sitzung gestartet werden. Die Möglichkeit der Ambu-Software Ereignisse wie Arzt rufen oder Atmung prüfen als Kurzbefehl aus der oberen Leiste einzufügen, wurde aufgrund des BLS-Bewertungsbogens nicht verwendet. Nach dem Ende der Sitzung wurde die Aufzeichnung auf dem Trainingsgerät gespeichert und konnte auf ein beliebiges Endgerät exportiert werden.

3.5.3.3 Ablauf der Datenerhebungen

Die Datenerhebungen waren für alle Gruppen gleich: Die Probanden kamen einzeln in den Raum und füllten zunächst den Selbsteinschätzungsbogen (Abbildung 21) aus, auf dem sie ihre BLS-Fähigkeiten einordnen und weitere Informationen angeben sollten. Auf der Rückseite des Bogens war das fiktive Szenario für die Datenerhebung abgedruckt (Abbildung 22):

Sie befinden sich auf dem Weg zur Anästhesieklausur. Als Sie Ihre Wohnung verlassen, finden Sie Ihren Nachbarn Herrn Schmitt, 55 Jahre, regungslos auf dem Flurboden vor. Was sie aus nachbarschaftlichen Gesprächen noch wissen: Herr Schmitt hat schon längere Zeit Probleme mit dem Herzen und wurde vor einer Woche, nach mehrtägigem Krankenhausaufenthalt aufgrund eines Herzinfarkts, nach Hause entlassen. Außer Ihnen ist sonst niemand im Flur. Es gibt keine äußerlichen Anzeichen für eine Verletzung.

Der Proband begann mit der Durchführung des BLS-Algorithmus, währenddessen füllte der Beobachter den BLS-Bewertungsbogen (Abbildung 23) aus. Nach 2 Minuten wurde die Aufzeichnung beendet und die Datenerhebung war abgeschlossen.

3.5.3.4 Zehnstelliger Probandencode

Bei jeder Datenerhebung erstellten die Probanden auf dem Selbsteinschätzungsbogen nach einer Anleitung den zehnstelligen Buchstaben- und Zahlencode (Abbildung 21, Abschnitt 1.2), der für die Datenspeicherung und die Zuordnung des zeitlichen Verlaufs eines Probanden notwendig war. Es wurde keine Liste geführt, auf der der Code mit dem Klarnamen des Probanden verknüpft war. Somit kannte nur der Proband seinen Code und konnte ihn nach Anleitung für jede Datenerfassung reproduzieren. In wenigen Fällen kam es vor, dass ein Proband über mehrere Aufzeichnungen einen leicht veränderten Code aufwies:

Aus *UT08RÜ1111* bei MP1 wurde *UT08RU1108* bei MP2 und MP3 sowie *UT08RÜ1108* bei MP4.

Dies kann auf Missverständnisse bei der Anleitung für die Erstellung des zehnstelligen Codes oder Übertragungsfehler zurückzuführen sein. Im oben genannten Beispiel wurde der Proband aufgrund der nur geringen Abweichungen in die abschließende Analyse eingeschlossen. Wenn ein Code im Messverlauf nicht mehr sicher zu einem Probanden zuzuordnen war, wurde der Proband von der Analyse ausgeschlossen.

3.6 Selbsteinschätzungsbogen

Für die Studie wurde von den Teilnehmenden bei jedem Messpunkt ein Selbsteinschätzungsbogen unmittelbar vor der Aufzeichnung ausgefüllt. Hier wurden eine vorangegangene medizinische Berufsausbildung und bereits erworbene Fähigkeiten in BLS abgefragt. Außerdem konnten die Probanden auf einer zehnstufigen Skala ihre Fähigkeiten und ihre Sicherheit im BLS-Algorithmus einschätzen. Aufgrund der geringen Relevanz für die primären und sekundären Fragestellungen bei gleichzeitig hohem Zeitaufwand für Übertragung und Auswertung des Bogens wurde er nicht in die finale Auswertung und damit in diese Arbeit eingeschlossen. Diese Daten können für künftige weitere Analysen verwendet werden.

3.7 Parameter und Score-System

Bei den Überlegungen, wie die im Rahmen der Datenerhebungen erfassten Daten in eine quantifizierbare BLS-Leistung eines Probanden übersetzt werden könnte, kam für die Bewertung der technischen Parameter zunächst auch die Verwendung der automatischen Auswertung der Aufzeichnungen durch die Ambu-Software (Abbildung 6) in Betracht.

Bei der Sichtung der gespeicherten Aufzeichnungen ergaben sich jedoch einige Nachteile: Die Gewichtung der Parameter und die Berechnung des finalen Ergebniswertes durch die Ambu-Software waren nicht nachvollziehbar. Bei 8 von 239 ausgewerteten Aufzeichnungen fehlte die Auswertung der Ambu-Software vollständig oder war offensichtlich falsch, wobei eine manuelle Auswertung möglich war. Die Kalibrierung des Drucktiefe-Sensors war fehleranfällig und führte zu Differenzen bei den gezählten Kompressionstiefen zwischen automatischer und manueller Auswertung. Die Hands-Off Time (No-Flow-Zeit) wurde von Ambu ab der ersten Sekunde gezählt, obwohl die Probanden ihre Wiederbelebungsmaßnahmen in der Regel später begannen und erst den vorangehenden BLS-Algorithmus durchführten. Deshalb fiel die Hands-Off Time in der automatischen Auswertung höher aus als bei der manuellen. Damit schien eine manuelle Auswertung der automatischen durch die Ambu-Software überlegen. Sie sollte genauer und zuverlässiger sein und die Probanden leistungsgerecht abbilden. Für die Beantwortung der Fragestellungen mit einer manuellen Auswertung musste also ein Parameter- und Punktesystem entwickelt werden. Diese Entwicklung soll in den folgenden Abschnitten dargestellt werden.

Abbildung 6 – Auswertung Ambu-Software

Schulungsteilnehmer/in: _____		Ergebnis: 71/100 71%			
Leistung	Bewertung	Gesamt	Durchschnittswert	Empfehlung	Evaluierung
Beatmungsvolumen pro Minute	●		2.2 L/Min	1.5 - 3.6 L/Min	OK
Herzzeitvolumen	●		1.5 L/Min	2 - 4.8 L/Min	zu niedrig
Beatmungsfrequenz	●		1 /Min	3 - 6 /Min	zu niedrig
Beatmungsvolumen	●	4	1083 mL	500 - 600 mL	4 zu hoch
Magenblähung	●	0		0	4 ok
Kompressionsfrequenz	●		128.6 /Min	100 - 120 /Min	zu hoch
Kompressionstiefe	●	96	70.9 mm	50 - 60 mm	1 zu niedrig, 95 zu hoch
Pause zwischen Kompressionen	●	4	16.7 Sek	0 - 9 Sek	
Verhältnis Kompression/Entspannung	●		60/40	50/50	
Falsche Handposition	●	0		0	96 ok
Fehlende Entlastung	●	69		0	27 ok, 69 nicht ok
Verhältnis Kompression/Beatmung	●		24/2	30/2	
Hand Off Time			1.1 Min		
El09re0905					
Keine Ereignisse festgehalten					

Automatisierte Auswertung der Ambu-Software einer aufgezeichneten Sitzung. Für die einzelnen Parameter werden die erfolgten Durchführungen (Gesamt) und die Durchschnittswerte angegeben. Anhand der Referenzbereiche der Leitlinien wird eine Evaluierung durch die Ambu-Software vorgenommen und eine Bewertung mit einem Ampel-System (rot, gelb, grün) dargestellt. Außerdem wird im Fenster rechts oben ein Gesamtergebnis (in diesem Fall 71 %) angezeigt.

Eine gespeicherte Aufzeichnung enthielt neben der automatischen Auswertung durch die Ambu-Software ein Fenster (Abbildung 7) mit Darstellung der Kurven von Beatmungen (blau) und Thoraxkompressionen (rot). Als weiteres Tool der Software stand eine Zeitmessung zur Verfügung.

Die gesuchten Parameter sollten die wichtigsten Bestandteile des BLS-Algorithmus abdecken und aus den aufgezeichneten Daten erhoben werden können. Außerdem sollte das Punktesystem den Kriterien einer Autorengruppe von 1992 mit einfacher Anwendbarkeit und hoher Objektivität entsprechen sowie Trainingseffekte durch Score-Veränderungen widerspiegeln können.⁴⁹ Die Entscheidung fiel schließlich auf ein Punkte-System, bei dem gewichtete Parameter zu einem Gesamtwert von maximal 100 Punkten addiert werden: je höher die erreichte Punktzahl in einer Aufzeichnung, desto besser die Leistung des Probanden. Die Gewichtung sollte anhand des aktuellen Stellenwertes des jeweiligen Parameters für die BLS-Maßnahmen gewählt werden.

Abbildung 7 – Ausschnitt aus einer gespeicherten Aufzeichnung



Ausschnitt aus der Sitzungsübersicht der Ambu-Software einer durchgeführten Aufzeichnung. Das obere Fenster stellt die Beatmungen (als blaue Volumenkurve (in Liter), Null-Punkt unten, Anzeigemaximum 1,2 l) und das untere Fenster die Thoraxkompressionen (als rote Drucktiefenkurve (in mm), Null-Punkt oben, Anzeigemaximum 75 mm) dar. Die grünen Banden stellen die von den Leitlinien empfohlene Referenzbereiche dar. Ganz unten befinden sich Navigationsbuttons zum Vor- und Zurückgehen entlang der Zeitleiste.

Bei der Suche nach geeigneten Parametern für solch ein Punktesystem dienten die damals gültige ERC-Leitlinie aus dem Jahr 2015 und zwei Studien, die sich mit der Entwicklung eines Bewertungssystems für Reanimationsmaßnahmen befassten, als Orientierung.^{32,49,50} Hier wurden nicht-technische Fähigkeiten und technische Fähigkeiten beschrieben.^{49,50} Diese Parameter konnten für eine quantitative Bewertung in einem Evaluationsszenario verwendet und aus den aufgezeichneten Daten des Trainingsgerätes mit separater Algorithmus-Checkliste ermittelt werden. Es erfolgte noch eine Anpassung an die aktuellen Leitlinien.^{31,32}

3.7.1 Erster Entwurf

Die technischen Fähigkeiten, also die eigentlichen CPR-Maßnahmen, sollten die Basis des Punktesystems darstellen und dementsprechend den größeren Anteil an den Punkten ausmachen. Hierfür wurden Flow-Zeit, Kompressionsfrequenz, Drucktiefe, Kompressionsentlastung, Handposition, Beatmungsvolumen, Beatmungserfolg und Beatmungsfrequenz erfasst und gewichtet (Tabelle 5).

Tabelle 5 – Technische Parameter – 1. Entwurf

Parameter	Korrekt	Nicht korrekt	Gewichtung/ max. Punktzahl
Thoraxkompressionen			
Flow-Zeit (Sekunde)	Unterbrechung < 10 Sekunden	Unterbrechung > 10 Sekunden	20
Frequenz (Kompressionen min ⁻¹)	100-120 min ⁻¹	< 100 min ⁻¹ & > 120 min ⁻¹	10
Drucktiefe (cm)	5-6 cm	< 5 cm & > 6 cm	15
Entlastung (richtig/falsch)	0 cm	> 0 cm	10
Handposition (richtig/falsch)	Ohne x	Mit x	5
			60
Beatmungen			
Beatmungsvolumen (ml)	500 - 600 ml	< 500 ml & > 600ml	12
Beatmungsanzahl (Anzahl)	Beatmungskurve vorhanden	Beatmungskurve nicht vorhanden	6
Beatmungsfrequenz (Beatmungen min ⁻¹)	< 1 min ⁻¹	> 1 min ⁻¹	2
			20
Maximale Punktzahl technische Fähigkeiten= 80			

Tabelle mit Auflistung der technischen Parameter für den Gesamt-Score im ersten Entwurf. Die Parameter orientieren sich an den Empfehlungen der BLS-Leitlinie des ERC. Im Rahmen der Weiterentwicklung wurden die Parameter Handposition und Beatmungsfrequenz aus dem Gesamt-Score entfernt.

Die nicht-technischen Fähigkeiten, die beim BLS-Algorithmus den eigentlichen Reanimationsmaßnahmen vorausgehen, wurden zunächst als BLS-Bewertungsbogen miteinbezogen und beinhalteten Punkte für Eigenschutz, lautes Ansprechen, Freimachen der Atemwege, Überprüfung der Atmung nach dem Sehen-, Hören-, Fühlen-Prinzip, Pulskontrolle, schnelle Erkennung des Herzkreislaufstillstandes, Hilferuf und sofortigen Beginn der Thoraxkompressionen (Tabelle 6; Abbildung 23).

Tabelle 6 – Nicht-technische Parameter – 1. Entwurf

BLS-Algorithmus	Gewichtung	Berechnung
Eigenschutz beachtet	1	Ja: 1 Punkt Nein: 0 Punkte
Lautes Ansprechen des Patienten	2	Ja: 2 Punkte Nein: 0 Punkte
Freimachen der Atemwege durch Kopf-Überstreckung	3	Ja: 3 Punkte Nein: 0 Punkte
Überprüfung der Atmung nach Sehen-, Hören-, Fühlen-Prinzip	3	Ja: 3 Punkte Nein: 0 Punkte
Puls-Kontrolle	1	Ja: 1 Punkt Nein: 0 Punkte
Feststellung Herzkreislaufstillstand innerhalb von 10 Sekunden	2	Ja: 2 Punkte Nein: 0 Punkte
Absetzen des Notrufes	2	Ja: 2 Punkte Nein: 0 Punkte
Sofortiger Beginn der Thoraxkompressionen	6	Ja: 6 Punkte Nein: 0 Punkte
Maximale Punktzahl nicht-technische Fähigkeiten = 20		

Tabelle mit Auflistung der nicht-technischen Parameter für den Gesamt-Score im ersten Entwurf. Die Parameter sind an den BLS-Algorithmus aus den ERC-Leitlinien angelehnt. Im Rahmen der Weiterentwicklung wurden diese Parameter aus dem Gesamt-Score entfernt.

Die Gewichtung wurde so gewählt, dass ein maximaler Gesamtwert von 100 Punkten erreicht werden konnte. Dieser ermittelte Wert stellte den Gesamt-Score eines Probanden für eine Aufzeichnung dar und sollte ein umfassendes Leistungsbild der Probanden abbilden können. Im Laufe der Auswertung der Daten sollte so bei allen Probanden für jede Aufzeichnung – in der Regel vier Aufzeichnungen pro Probanden – der Gesamt-Score ermittelt werden.

3.7.2 Weiterentwicklung

3.7.2.1 Handposition und Beatmungsfrequenz

Handposition und Beatmungsfrequenz wurden bei einer Neubewertung aufgrund der geringen Relevanz für den Gesamt-Score aus der Liste der Parameter entfernt. Die Erfassung der korrekten oder inkorrekten Handposition (über dem Sternum, etwa 2 cm oberhalb des Processus xiphoideus) über eine mechanische Feder schien zu ungenau und unzuverlässig. Daneben war die Erfassung der Beatmungsfrequenz

redundant, da sich der Erfolg der Beatmungen auch in der Beatmungsanzahl widerspiegelte und eine Berechnung der Beatmungen über die Zeit keinen Mehrwert für den Gesamt-Score erbrachte. Insgesamt brachte der Verzicht auf beide Parameter keine größeren Veränderungen bei dem Verlauf der erreichten Punktzahlen sowohl innerhalb der Probanden als auch zwischen den Probanden mit sich. Einerseits vermutlich da sie von vornherein nur gering gewichtet gewesen waren, andererseits wurden beispielsweise fast alle Thoraxkompressionen von allen Probanden mit korrekter Handposition durchgeführt, womit sich bei diesem Parameter kein Unterschied abzeichnete.

3.7.2.2 BLS-Bewertungsbogen (nicht-technische Fähigkeiten)

Die nicht-technischen Fähigkeiten wurden von dem Beobachter der Datenerhebung mithilfe des BLS-Bewertungsbogens erfasst (Abbildung 23). Dieser fragte die in Tabelle 6 dargestellten Parameter ab, mit denen eine Punktvergabe nach dem Ja-/Nein-Prinzip geplant war. Aufgrund der Menge an Daten und zur Begrenzung des Umfangs dieser Arbeit wurde beschlossen, den BLS-Bewertungsbogen und damit die nicht-technischen Fähigkeiten aus der Berechnung des Gesamt-Scores herauszunehmen.

3.7.2.3 Flow-Zeit (Kompressionsfraktion)

Die ursprüngliche Interpretation der Leitlinien begriff die für eine Auswertung relevante No-Flow-Zeit als die Zeit, die über eine Pause von 10 Sekunden hinausging. Die Flow-Zeit berechnete sich so aus der Gesamtreanimationszeit minus der No-Flow-Zeit über 10 Sekunden. Also wurde neben der tatsächlichen Pausenzeit für die Beatmung eine weitere Variable definiert, die diese Zeit separat erfasste. Bei einer Reevaluation wurde diese Vorgehensweise verlassen, da die Flow-Zeit nach den Leitlinien fest definiert ist, als jene Zeit, in der Thoraxkompressionen stattfinden und damit ein künstlicher Kreislauf hergestellt wird. Somit wurde jede Unterbrechung von Thoraxkompressionen, auch Beatmungspausen von unter 10 Sekunden Dauer, als No-Flow-Zeit gewertet und für die Berechnung der Flow-Zeit von der Gesamtreanimationszeit abgezogen.

3.7.3 Finaler Gesamt-Score

Nachdem Handposition, Beatmungsfrequenz und der BLS-Bewertungsbogen entfernt wurden, stellte sich die Liste der finalen Parameter für die Berechnung des Gesamt-Scores reduziert dar (Tabelle 7). Dementsprechend wurde die Gewichtung der Parameter angepasst, um auf einen maximalen Gesamtwert von 100 Punkten für den Gesamt-Score zu kommen und dabei die Bedeutung der einzelnen Aspekte des BLS-Algorithmus leitliniengerecht zu betonen.

Tabelle 7 – Finale Parameter des Gesamt-Scores

Parameter	Beschreibung	Gewichtung/ max. Punktzahl
Thoraxkompressionen		
Flow-Zeit (Sekunde)	Reine Kompressionszeit einer Reanimation	30
Kompressionsfrequenz (Kompressionen min ⁻¹)	Frequenz der Thoraxkompressionen (100-120 min ⁻¹)	15
Kompressionstiefe (cm)	Drucktiefe der Thoraxkompressionen (5-6 cm)	15
Kompressionsentlastung (Anzahl)	Ausreichende Entlastung der Thoraxkompressionen	15
		75
Beatmung		
Beatmungseffektivität (Anzahl)	Erfolgreiche Beatmungen insgesamt	15
Beatmungsvolumen (ml)	Beatmungen mit ausreichendem Volumen (400 - 800 ml)	10
		25
Maximaler Gesamt-Score = 100		

Tabelle mit Auflistung der Parameter für den finalen Gesamt-Score inklusive Gewichtung bei voller Punktzahl für den jeweiligen Parameter. In der Summe addiert sich der Gesamt-Score bei 75 Punkten für die Thoraxkompressionen und 25 Punkten für die Beatmungen zu insgesamt 100 Punkten.

Da die nicht-technischen Fähigkeiten (BLS-Bewertungsbogen) im Rahmen der Weiterentwicklung weggelassen worden sind, bildet der finale Gesamt-Score nicht mehr alle Aspekte des BLS-Algorithmus ab, sondern nur noch die wichtigsten (technischen) Fähigkeiten der Reanimationsmaßnahmen. Auf die konkrete Berechnung der einzelnen Parameter-Punktzahlen wird in Kapitel 3.9 eingegangen.

3.7.3.1 *Besonderheit der Flow-Zeit (Kompressionsfraktion)*

Die Flow-Zeit wurde als reine Kompressionszeit (in Sekunden) gemessen. Für die Berechnung der Parameter-Punktzahl wird die Flow-Zeit ins Verhältnis zur Gesamtreanimationszeit (Flow-Zeit + No-Flow-Zeit (=Pausenzeit)) gesetzt. Dies entspricht der Kompressionsfraktion, die dann mit der Gewichtung multipliziert wird.

Durch die Beatmungspausen (No-Flow-Zeit) nach jeweils 30 Thoraxkompressionen ergibt sich eine Besonderheit: Solange keine CO-CPR durchgeführt wird, entspricht die reine Kompressionszeit eines Probanden nicht der gesamten Reanimationszeit, womit die Kompressionsfraktion bei einer Reanimation mit Beatmungspausen nicht bei 100 % liegen kann. Somit ist die tatsächliche maximale Parameter-Punktzahl von 30 Punkten nicht erreichbar.

Vor diesem Hintergrund lässt sich theoretisch eine erwartbare maximale Parameter-Punktzahl berechnen. Dafür muss zunächst die Kompressionszeit maximal ausgeschöpft werden, indem man die langsamste, noch von den Leitlinien empfohlene Kompressionsfrequenz von 100 Kompressionen min^{-1} ansetzt. So dauert ein Kompressionszyklus mit 30 Kompressionen genau 18 Sekunden. Außerdem muss die Beatmungspause so gering wie möglich gehalten werden. Für eine effektive Beatmung wird daher eine Pausierung der Thoraxkompressionen (No-Flow-Zeit) von ungefähr 5 Sekunden angenommen. Ein Zyklus mit 30 Kompressionen und 2 Beatmungen dauert damit insgesamt 23 Sekunden. Bei einer Aufzeichnungsdauer von 120 Sekunden sind dadurch fünf vollständige Zyklen möglich, die bei fünf Beatmungspausen zu einer No-Flow-Zeit von 25 Sekunden führten. Daraus resultiert eine erwartbare maximale Kompressionszeit von 95 Sekunden bei einer Reanimationszeit von 120 Sekunden. Der erwartbare maximale Wert für die Kompressionsfraktion liegt damit bei ca. 80 %, die erwartbare maximale Parameter-Punktzahl bei 24 Punkten.

Für die finale Berechnung des Gesamt-Scores spielte diese Besonderheit keine Rolle und es wurde die Berechnung mit dem theoretischen Maximalwert von 30 Punkten für den Parameter Flow-Zeit verwendet. Bei der deskriptiven Analyse der sekundären Endpunkte wird allerdings der erwartbare maximale Wert für die Kompressionsfraktion (80 %) berücksichtigt.

3.8 Datenübertragung

Um die aufgezeichneten Daten von dem Trainingsgerät in eine Datenbank zu übertragen, musste eine Verbindung von einem bedienbaren Endgerät (z. B. Computer oder Tablet) mit dem Trainingsgerät hergestellt werden. Hierüber wurden in der Datenbank die gespeicherten Datenerhebungen aufgerufen und in dem bereits gezeigten Fenster (Abbildung 7) dargestellt. Dann erfolgte das visuelle Auslesen und Übertragen. Der Übertragungsprozess soll beispielhaft an einem Zyklus einer Aufzeichnung gezeigt werden. Dabei werden nur die im finalen Gesamt-Score beinhalteten Parameter berücksichtigt. Vorher wird noch auf die Definition eines Zyklus und daraus entstehende Schwierigkeiten bei der Übertragung eingegangen.

3.8.1 Zyklus-Definition

Als ein Zyklus wird die Abfolge von 30 Thoraxkompressionen und 2 Beatmungsversuchen definiert. Im Sinne der Mustererkennung wird ein Zyklus mit mehr oder weniger Thoraxkompressionen oder Beatmungen als ein durchlaufener Zyklus behandelt.

3.8.2 Besonderheiten

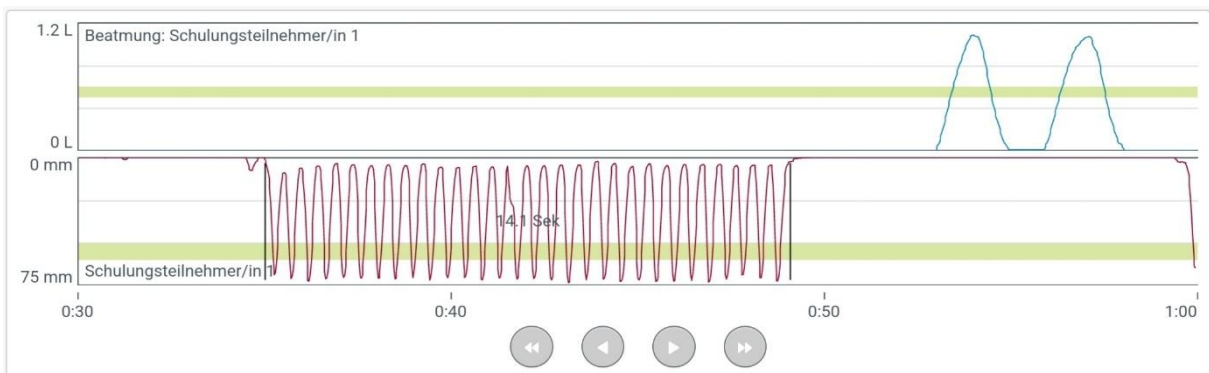
Schwierigkeiten gab es z. B., wenn die Thoraxkompressionen von mehreren kurzen Pausen unterbrochen waren oder die Beatmungspausenzeit sehr lang oder sehr kurz ausfiel. Hier wurden individuell Entscheidungen zur Deutung und Übertragung getroffen. Bei der Bestimmung der Gesamtdauer einer Reanimation fiel die Endzeit dieser in den meisten Fällen nicht mit dem Ende der Aufzeichnung zusammen. Oft wurde die Aufzeichnung erst einige Zeit nach dem Ende der Reanimation durch den Beobachter beendet. Daher stimmten Ende der Reanimation und Ende einer Aufzeichnung nicht überein, weswegen das Ende einer Reanimation für jede Aufzeichnung unabhängig festgelegt werden musste. Im besten Fall endete die Reanimation mit einem vollständigen Zyklus, also einer abgeschlossenen Beatmungsphase, auf die bereits wieder Thoraxkompressionen folgten. Diese Kompressionen wurden nicht übertragen, dienten aber zur klaren Abgrenzung der Zyklus-Dauer. Ohne folgende Thoraxkompressionen musste eine mittlere Beatmungspausenzeit geschätzt werden. Wenn nur wenige Zyklen aufgezeichnet worden waren, so wurde auch der letzte halbe Zyklus, Thoraxkompressionen ohne Beatmungspause, in die Übertragung und Auswertung eingeschlossen.

3.8.3 Übertragungsprozess

Zuerst wird die Gesamtdauer der Reanimation einer Aufzeichnung bestimmt. Daran anschließend werden alle in die Auswertung eingeschlossenen Zyklen (im Median 5 Zyklen pro Aufzeichnung) nach folgendem Schema untersucht:

1. Messung der Kompressionszeit (Flow-Zeit, Abbildung 8)
-> 14,1 Sekunden

Abbildung 8 – Messung Kompressionszeit



Ausschnitt aus der Sitzungsübersicht der Ambu-Software einer durchgeführten Aufzeichnung. Das obere Fenster stellt die Beatmungen (als blaue Volumenkurve (in Liter), Null-Punkt unten, Anzeigemaximum 1,2 l) und das untere Fenster die Thoraxkompressionen (als rote Drucktiefenkurve (in mm), Null-Punkt oben, Anzeigemaximum 75 mm) dar. Die grünen Banden stellen die von den Leitlinien empfohlenen Referenzbereiche dar. Ganz unten befinden sich Navigationsbuttons zum Vor- und Zurückgehen entlang der Zeitleiste. In dieser Darstellung wird mit der Zeitmess-Funktion der Ambu-Software die Kompressionszeit in diesem Zyklus ermittelt (14,1 Sekunden).

2. Zählung der Kompressionen (Abbildung 9)

- a. nach Anzahl in diesem Zyklus

-> 30 Kompressionen

- b. nach jeweiliger Drucktiefen-Kategorie anhand des grünen Zielbereiches:

zu tief (> 6 cm), richtig (5 bis 6 cm) und zu flach (< 5 cm)

-> 30 x zu tief, 0 x richtig, 0 x zu flach

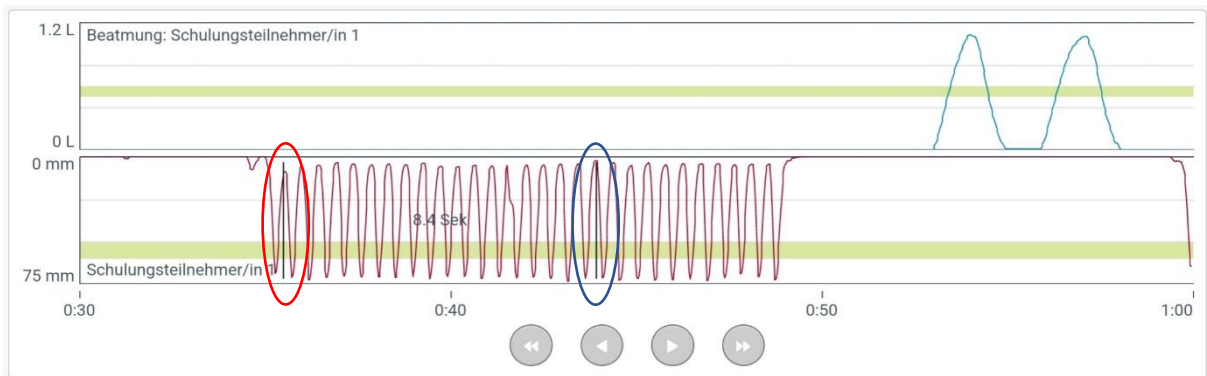
- c. nach Entlastung (mit Hilfe Zeitmessungs-Tool)

Um eine Vergleichbarkeit der Gruppen zu gewährleisten, wurde der in der Software integrierte Zeitmesser genutzt. Zwischen Null-Linie und oberem Ende des Zeitmessers befindet sich ein Abstand, der als ausreichender Entlastungsbereich gewertet worden ist. Alle Entlastungen, die sich unterhalb des oberen Endes des Zeitmessers befinden, wurden als falsche Entlastung gewertet. In der untenstehenden Abbildung sind 2 Entlastungen beispielhaft mit

dem Zeitmesser markiert: Eine ausreichende Entlastung (blau) und eine nicht ausreichende Entlastung (rot).

-> 5 x ausreichend, 25 x nicht ausreichend

Abbildung 9 – Zählung der Kompressionen



Ausschnitt aus der Sitzungsübersicht der Ambu-Software einer durchgeführten Aufzeichnung. Das obere Fenster stellt die Beatmungen (als blaue Volumenkurve (in Liter), Null-Punkt unten, Anzeigemaximum 1,2 l) und das untere Fenster die Thoraxkompressionen (als rote Drucktiefenkurve (in mm), Null-Punkt oben, Anzeigemaximum 75 mm) dar. Die grünen Banden stellen die von den Leitlinien empfohlene Referenzbereiche dar. Ganz unten befinden sich Navigationsbuttons zum Vor- und Zurückgehen entlang der Zeitleiste. In dieser Darstellung wird die Anzahl der Thoraxkompressionen gezählt, inklusive Ermittlung der Anzahl von Kompressionen mit richtiger Drucktiefe und ausreichender Entlastung. Die Drucktiefe der Thoraxkompressionen konnte anhand des angezeigten Referenzbereiches abgelesen werden: korrekt (5-6 cm), zu gering (< 5 cm), zu tief (> 6 cm). Für die einheitliche Bestimmung einer ausreichenden Entlastung über die Aufzeichnung aller Probanden wird die Anzeige der Zeitmess-Funktion genutzt: Alle Entlastungen, die sich eindeutig unterhalb des oberen Endes des Zeitmessers befinden (rot eingekreist) werden als nicht ausreichende Entlastung gewertet. Thoraxkompressionen, die mit ihrer Entlastung auf oder oberhalb des oberen Endes des Zeitmessers liegen (blau eingekreist) werden als ausreichend entlastet gewertet.

3. Messungen und Zählungen in der Beatmungsphase (Abbildung 10)

a. Messung der Beatmungspausenzeit (No-Flow-Zeit)

-> 10,6 Sekunden

b. Zählung der sichtbaren Beatmungskurven (Ist-Beatmungen)

-> 2 Ist-Beatmungen

c. Zählung der Beatmungen nach jeweiliger Volumen-Kategorie anhand der grauen Linien um die grüne Bande:

hoch (> 800 ml), ausreichend (400 bis 800 ml), und niedrig (< 400ml)

-> 2 x hoch, 0 x ausreichend, 0 x niedrig

Abbildung 10 – Messung Beatmungspausenzeit



Ausschnitt aus der Sitzungsübersicht der Ambu-Software einer durchgeführten Aufzeichnung. Das obere Fenster stellt die Beatmungen (als blaue Volumenkurve (in Liter), Null-Punkt unten, Anzeigemaximum 1,2 l) und das untere Fenster die Thoraxkompressionen (als rote Drucktiefenkurve (in mm), Null-Punkt oben, Anzeigemaximum 75 mm) dar. Die grünen Banden stellen die von den Leitlinien empfohlenen Referenzbereiche dar. Ganz unten befinden sich Navigationsbuttons zum Vor- und Zurückgehen entlang der Zeitleiste. In dieser Darstellung wird einerseits mit der Zeitmess-Funktion der Ambu-Software die Kompressionspause (Beatmungspausenzeit) in diesem Zyklus ermittelt (10,6 Sekunden). Andererseits werden die sichtbaren Beatmungskurven gezählt (Ist-Beatmungen) und ihr Volumen entsprechend der grauen Markierungen um den Referenzbereich bestimmt: ausreichend (400-800 ml), zu gering (< 400 ml) oder zu hoch (> 800 ml).

Beginn des nächsten Zyklus. Wiederholung ab Schritt 1.

3.9 Berechnung der Parameter-Punktzahl und des Gesamt-Scores

Für die Berechnung einer Parameter-Punktzahl wird im Allgemeinen der Anteil des jeweils korrekt-durchgeführten Parameters (Thoraxkompressionen oder Beatmungen betreffend) bestimmt und mit der entsprechenden Gewichtung multipliziert:

$$\text{Parameter – Punktzahl} = \frac{\text{korrekte Kompressionen/Beatmungen}}{\text{alle Kompressionen/Beatmungen}} \times 100 \times \text{Gewichtung}$$

Die berechneten Punktzahlen der 6 Parameter werden schließlich zu einem finalen Gesamt-Score mit maximal 100 möglichen Punkten aufaddiert und stellen die technische BLS-Leistung eines Probanden zu einem Messzeitpunkt dar.

3.9.1 Flow-Zeit

Die Flow-Zeit wird als Summe der Kompressionszeiten aller erfassten Zyklen (Kapitel 3.8.3: Schritt 1) für die Berechnung des Parameters Flow-Zeit ins Verhältnis zur Gesamtreanimationszeit (Flow-Zeit + No-Flow-Zeit (Kapitel 3.8.3: Schritt 3a)) gesetzt. Dies entspricht der Kompressionsfraktion, die mit 30 gewichtet wird.

3.9.2 Kompressionsfrequenz

Mit der Kompressionszeit (Kapitel 3.8.3: Schritt 1) und der Kompressionsanzahl (Kapitel 3.8.3: Schritt 2a) wird die Kompressionsfrequenz eines Zyklus bestimmt. Für den Parameter Kompressionsfrequenz wird die Anzahl der Zyklen mit richtiger Kompressionsfrequenz (100 bis 120 Kompressionen min^{-1}) ermittelt und ins Verhältnis zu allen erfassten Zyklen einer Aufzeichnung gesetzt. Die Gewichtung erfolgt mit 15.

3.9.3 Kompressionstiefe

Bei dem Parameter Kompressionstiefe wird der Anteil der Thoraxkompressionen mit richtiger Drucktiefe (5 bis 6 cm) an allen erfassten Thoraxkompressionen bestimmt (Kapitel 3.8.3: Schritt 2b) und mit 15 gewichtet.

3.9.4 Kompressionsentlastung

Für den Parameter Kompressionsentlastung werden die Thoraxkompressionen mit ausreichender Entlastung (Kapitel 3.8.3: Schritt 2c) ins Verhältnis zu allen Thoraxkompressionen gesetzt und mit einer Gewichtung von 15 versehen.

3.9.5 Beatmungseffektivität

Die Beatmungen mit einer sichtbaren Beatmungskurve (Kapitel 3.8.3: Schritt 3b; Ist-Beatmungen) werden für den Parameter Beatmungseffektivität ins Verhältnis zu allen Beatmungsversuchen (Soll-Beatmungen, 2 pro Zyklus nach Leitlinien-Empfehlungen) gesetzt. Das Verhältnis wird mit einer Gewichtung von 15 multipliziert.

3.9.6 Beatmungsvolumen

Alle Beatmungen mit ausreichendem Beatmungsvolumen von 400 bis 800 ml (Kapitel 3.8.3: Schritt 3c) wurden für den Parameter Beatmungsvolumen mit der Anzahl aller Ist-Beatmungen in Beziehung gesetzt und mit 10 gewichtet.

3.10 Statistische Auswertung

Die statistische Planung wurde mit Hilfe von _____ vom Institut für medizinische Biostatistik, Epidemiologie und Informatik (IMBEI) der Universitätsmedizin Mainz durchgeführt.

3.10.1 Ziele und Endpunkte

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Hauptfragestellung, ob es einen Unterschied bei der Nachhaltigkeit von Reanimationsfähigkeiten zwischen Humanmedizin-Studierenden gibt, die hierzu entweder selbstständig als Lehrende tätig werden oder nur als Lernende an einem Simulationstraining teilnehmen. Damit ist der primäre Endpunkt die Qualität der BLS-Maßnahmen, als numerischer Wert in Form des Gesamt-Scores der Interventions- (SSL) und Kontrollgruppen (ILS-1 und ILS-2) im Verlauf der Messungen (MP1 bis MP4). Es wird ein Vergleich der drei Gruppen über die Messpunkte mit einer Mixed Model ANOVA zur Feststellung eines Unterschiedes durchgeführt. Die daraus resultierende Nullhypothese lautet folgendermaßen:

H0: Bei der Qualität und Nachhaltigkeit von Wiederbelebensmaßnahmen zeigt sich zwischen Humanmedizin-Studierenden, die entweder selbstständig als Lehrende tätig werden (Interventionsgruppe, SSL) oder nur als Lernende an einem Simulationstraining teilnehmen (Kontrollgruppen, ILS-1 und ILS-2) und die unmittelbar vor und nach der Intervention sowie nach 3 und 6 Monaten Datenerhebungen (MP1 bis MP4) durchlaufen, kein statistisch signifikanter Unterschied 1. bei den über die Zeit gemittelten Gesamt-Score-Gruppenmittelwerten (H_{01}), 2. bei den über die Gruppen gemittelten Messpunktmittelwerten (H_{02}) und 3. bei der Wechselwirkung zwischen Gruppenzugehörigkeit und Messzeitpunkt (H_{03}).

Als sekundäre Endpunkte werden die einzelnen Parameter, die den Gesamt-Score bilden, auf ihre Unterschiede sowohl zwischen den Gruppen als auch innerhalb der Gruppen untersucht. Die Beschreibung der sekundären Endpunkte erfolgt deskriptiv.

3.10.2 Fallzahlend und Populationen

Die Fallzahlplanung erfolgte mit dem Ziel einer Überlegenheit der Interventionsgruppe in Hinblick auf den Gesamt-Score im Sinne der Hauptfragestellung. Bei ursprünglich geplantem zweiseitigen Student's t-Test für unverbundene Stichproben wurde für die Kontrollgruppe von einem Gesamt-Score von 50 % und für die Interventionsgruppe von 75 % ausgegangen. Bei einer Standardabweichung von 20 % und einem relevanten Unterschied von 15 % ergab sich eine Effektstärke von 0,125. Mit einer Power von 0,8 und einem Alpha von 0,05 belief sich die berechnete notwendige Gruppengröße auf 42. Bei einer angenommenen Drop-out-Rate von 15 % wären pro Gruppe 50 Studierende eingeschlossen worden. Insgesamt konnten in Interventionsgruppe und erster Kontrollgruppe diese Fallzahlen mit 37 und 47 eingeschlossenen Studierenden nicht erreicht werden. In der zweiten Kontrollgruppe dagegen konnte sie mit 89 eingeschlossenen Studierende sogar übertroffen werden. Die Drop-Out-Rate übertraf die Schätzungen in allen Gruppen deutlich: So lag sie in der Interventionsgruppe bei 49 %, während sie in den Kontrollgruppen sogar etwa 20 % höher ausfiel.

Alle Probanden, die einen persönlichen Teilnehmercode erstellt und an mindestens einer Datenerhebung teilgenommen haben, werden als eingeschlossene Probanden gezählt, auch wenn sie keine Intervention erhalten haben sollten. Die Intention-to-treat-Population besteht aus allen Probanden, die an den Interventionen sowie MP1 und MP2 teilgenommen haben. Zur Per-protocol-Population gehören alle Probanden, die an den Interventionen und allen Messpunkten (MP1 bis MP4) teilgenommen haben. Zur Prüfung der Nullhypothesen des primären Endpunktes mit Hilfe einer Mixed Model ANOVA wird die kleinste gemeinsame Gruppengröße gewählt, bei der zu allen Messpunkten Daten vorhanden sind: Mit 13 Probanden entspricht damit der Per-protocol-Population von ILS-1 und wird ANOVA-Population genannt. Aus den beiden anderen Gruppen mit mehr Probanden in den Per-protocol-Populationen (SSL und ILS-2) werden dementsprechend nur die ersten 13 Probanden für die ANOVA-Population (zufällig) ausgewählt. Für die deskriptive Analyse der sekundären Endpunkte werden alle Probanden berücksichtigt, bei denen eine Datenerhebung bei MP4 vorliegt. Diese Population wird als Analyse-Population bezeichnet. Abbildung 5 bietet eine Gruppenübersicht mit den entsprechenden Zahlen zu den Populationen.

3.10.3 Statistik-Software

Die erste Wahl zur Anlage einer Datenbank und statistischen Auswertung der Ergebnisse fiel auf das Programm SPSS der Firma IBM. Hierbei wurden über 300 metrische und nominale Variablen definiert. Im Verlauf der Übertragungen wurden diese stetig angepasst und weiterentwickelt, um Besonderheiten und Schwierigkeiten gerecht zu werden (Kapitel 3.8.2). Die differenziertere Analyse der Drucktiefe (drei Kategorien) und der Beatmungsvolumina (fünf Kategorien) anstelle einer einfachen falsch-/richtig-Einordnung sowie die Erfassung der Magenblähungen und der Beatmungsdauer waren ursprünglich für spätere, tiefergehende Auswertungen der Daten miterfasst worden. Die Erfassung der Handposition erübrigte sich erst im späten Verlauf (Kapitel 3.7.2.1).

Im Verlauf der Datenübertragungen erfolgte der Wechsel auf Microsoft EXCEL. Mit EXCEL konnten Design und Layout von Diagrammen und Darstellungen einfach gewählt und individuell angepasst werden. Außerdem lieferte EXCEL in Bezug auf den Student's t-Test und die Mixed Model ANOVA den gleichen Funktionsumfang wie SPSS. Auch ein Abgleich mit den Berechnungen durch die statistische Beratung des IMBEI (mit der Programmiersprache R) kam zu gleichen Ergebnissen.

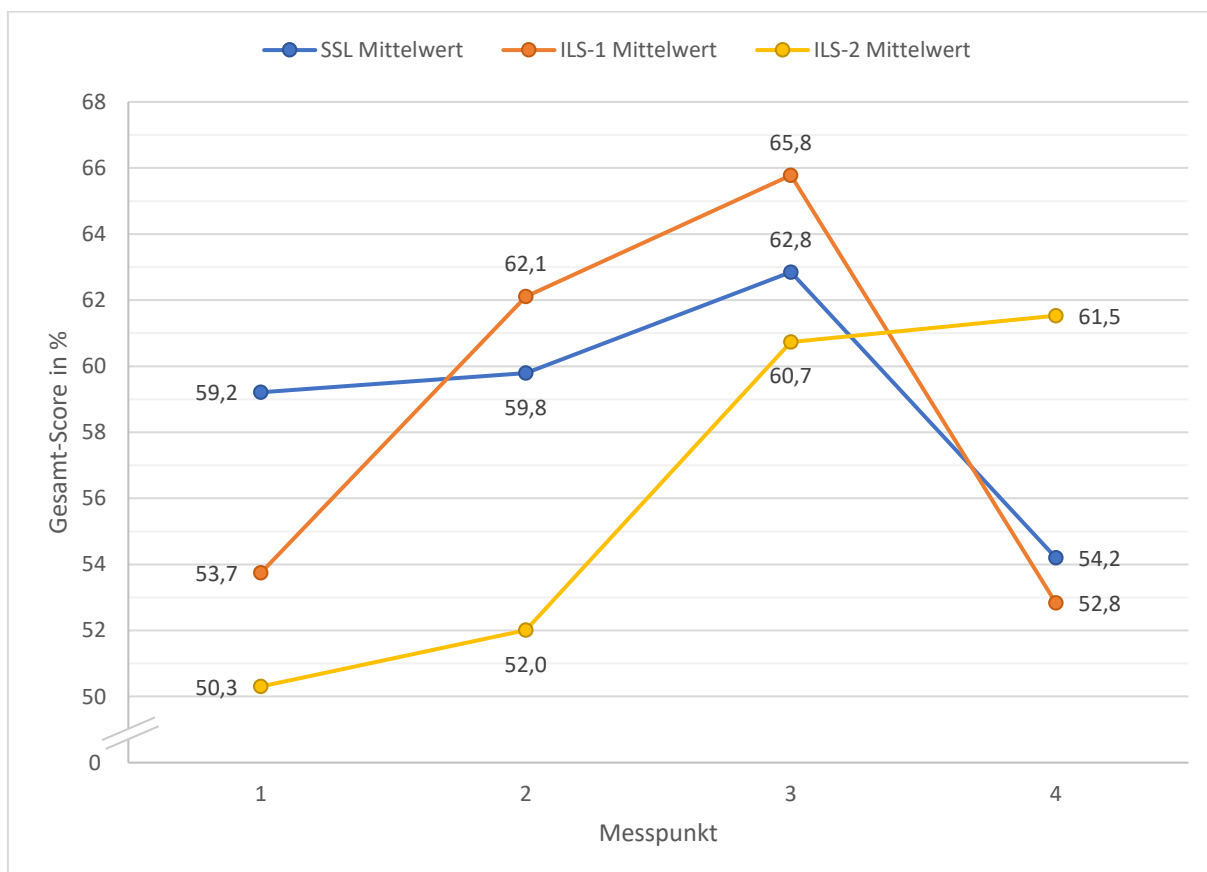
Als ein Nachteil muss allerdings festgehalten werden, dass EXCEL bei der Erstellung von Boxplot-Grafiken nicht auf die Standard-Berechnung für Quartile zurückgreift, sondern hierfür den Median des Medians bestimmt. Dabei kann gewählt werden, ob der ursprüngliche Median eingeschlossen (inklusive) oder ausgeschlossen (exklusive) werden soll. Für diese Arbeit und die Darstellungen in Boxplots wurde einheitlich die Variante mit dem eingeschlossenen Median gewählt.

4 Ergebnisse

4.1 Primärer Endpunkt

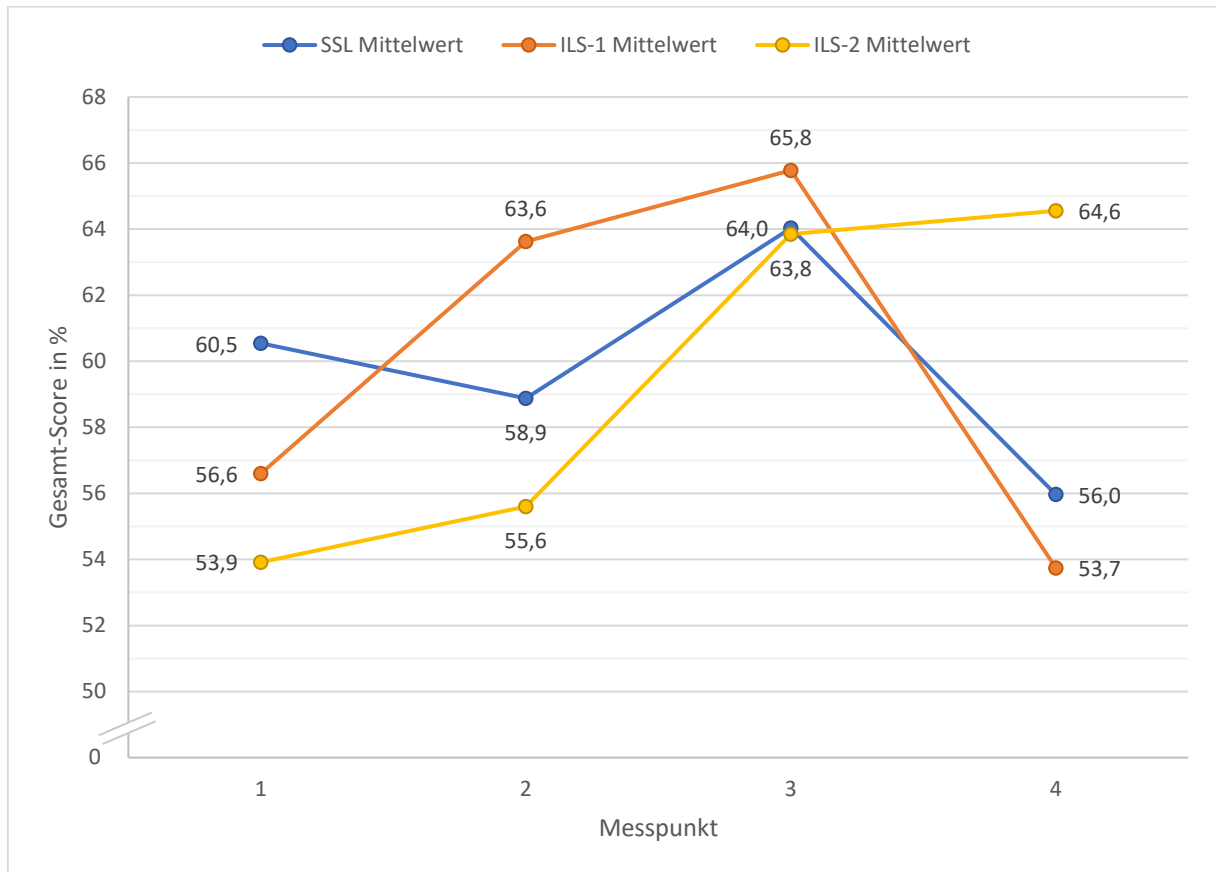
Abbildung 11 und Abbildung 12 stellen die Gruppenmittelwerte der Gesamt-Score Ergebnisse von Interventionsgruppe und beiden Kontrollgruppen von MP1 zu MP4 dar. Die erste Grafik inkludiert alle Probanden mit einer Datenerhebung bei MP4, die dadurch in die Analyse der sekundären Endpunkte eingeschlossen worden sind (Analyse-Population). Da für die Berechnung der Mixed Model ANOVA gleich große Gruppen notwendig waren, zeigt die zweite Grafik den Mittelwertverlauf der ersten 13 Probanden der jeweiligen Gruppen, bei denen Datenerhebungen zu jedem Messpunkt vorlagen (ANOVA-Population).

Abbildung 11 – Gesamt-Score Mittelwert-Verlauf (Analyse-Population)



Die Abbildung zeigt den Gruppenmittelwert der erreichten Gesamt-Score Ergebnisse von Interventionsgruppe (Students Save Lives; SSL) und beiden Kontrollgruppen (Notfallmedizin; ILS-1 und ILS-2) im Verlauf über die Messpunkte 1 bis 4. Daten aus der Analyse-Population (alle Probanden der jeweiligen Gruppen mit einer Datenerhebung bei Messpunkt 4).

Abbildung 12 – Gesamt-Score Mittelwert-Verlauf (ANOVA-Population)



Die Abbildung zeigt den Gruppenmittelwert der erreichten Gesamt-Score Ergebnisse von Interventionsgruppe (Students Save Lives; SSL) und beiden Kontrollgruppen (Notfallmedizin; ILS-1 und ILS-2) im Verlauf über die Messpunkte 1 bis 4. Daten aus der ANOVA-Population (die ersten 13 Probanden der jeweiligen Gruppen mit Datenerhebungen bei allen Messpunkten).

Die Mittelwerte zwischen den Abbildungen variieren innerhalb der Gruppen nur um wenige Prozentpunkte und der Verlauf der Gruppenmittelwerte über die Messpunkte ist in beiden Abbildungen ähnlich. Der einzige Trendunterschied zeichnet sich von MP1 zu MP2 bei der Interventionsgruppe ab: Während der SSL-Mittelwert in Abbildung 11 von MP1 zu MP2 etwas ansteigt fällt er in Abbildung 12 ab. Die weitere Entwicklung der Gruppenmittelwerte ähnelt sich wieder. Abgesehen davon lassen sich vier Beobachtungen festhalten:

1. Bereits vor Beginn der Interventionen fällt das unterschiedliche Ausgangsniveau auf. SSL startet in beiden Grafiken mit mehr Prozentpunkten als ILS-1 und ILS-2.
2. Insgesamt liegen die Gruppen mit ihren Werten nahe beieinander und unterscheiden sich im weiteren Verlauf nur um wenige Prozentpunkte. Höhergradige Mittelwert-Unterschiede von mehr als 11 % sind nicht zu erkennen.

3. Die Werte aller Gruppen steigen bis zu MP3 an. Dies findet bei SSL und ILS-2 vor allem von MP2 zu MP3 statt, wohingegen bei ILS-1 der größte Anstieg über die Intervention hinweg zu verzeichnen ist. Damit scheinen die Interventionen einen positiven Effekt auf den Gesamt-Score zu haben.

4. Interessanterweise fallen SSL und ILS-1 nach einem Peak von MP3 zu MP4 deutlich ab. Dagegen kann sich ILS-2 im Verlauf sogar verbessern. Hier scheint eine andere Dynamik vorzuliegen.

Die Ergebnisse der Mixed Model ANOVA für die Daten der ANOVA-Population fasst Tabelle 8 zusammen. Aus den erreichten Gesamt-Score Ergebnissen wird für jeden Messpunkt ein Gruppenmittelwert berechnet. Außerdem wird für jede Gruppe ein Gruppenmittelwert über alle Messpunkte hinweg (grau markiert) und für jeden Messpunkt ein Messpunktmittelwert von allen Gruppen (grün markiert) berechnet. Des Weiteren gibt die Tabelle die erreichten p-Werte für die Prüfung eines statistisch signifikanten Unterschieds bei Gruppenmittelwerten (H_{01}), Messpunktmittelwerten (H_{02}) und Wechselwirkung zwischen Gruppenzugehörigkeit und Messzeitpunkt (H_{03}) an.

Es bestätigen sich die Beobachtungen aus den Abbildungen Abbildung 11 und Abbildung 12: Auch wenn die Ausgangswerte der Gruppen etwas auseinander liegen (1. Beobachtung), sind die grau markierten Gruppenmittelwerte über die Zeit fast identisch. Mit einem p-Wert von 0,974 und einem α -Wert von 0,05 darf die Nullhypothese H_{01} bezüglich eines Unterschiedes der über die Zeit gemittelten Werte zwischen Interventions- und beiden Kontrollgruppen nicht verworfen werden. Es gibt keinen signifikanten Unterschied bei den Gesamtdurchschnittswerten der Gruppen (2. Beobachtung; Abbildung 13).

Bei der Betrachtung der Messpunktmittelwerte (grün markiert) darf die Nullhypothese H_{02} mit einem p-Wert von 0,013 bei einem α -Wert von 0,05 verworfen werden. Somit zeigt sich ein signifikanter Unterschied im zeitlichen Verlauf der zusammengefassten Mittelwerte aller Gruppen, wodurch ein gemeinsamer Effekt auf den Gesamt-Score nachgewiesen werden kann (3. Beobachtung; Abbildung 14).

Schließlich kann auch die Nullhypothese H_{03} bezüglich der Wechselwirkung von Gruppenzugehörigkeit und Messzeitpunkt mit einem p-Wert von 0,043 bei einem α -Wert von 0,05 verworfen werden. Der Verlauf der Mittelwerte in den Gruppen unterscheidet sich statistisch signifikant voneinander und zeigt eine unterschiedliche Dynamik der Interventionen für den Gesamt-Score: Ausschlaggebend für die

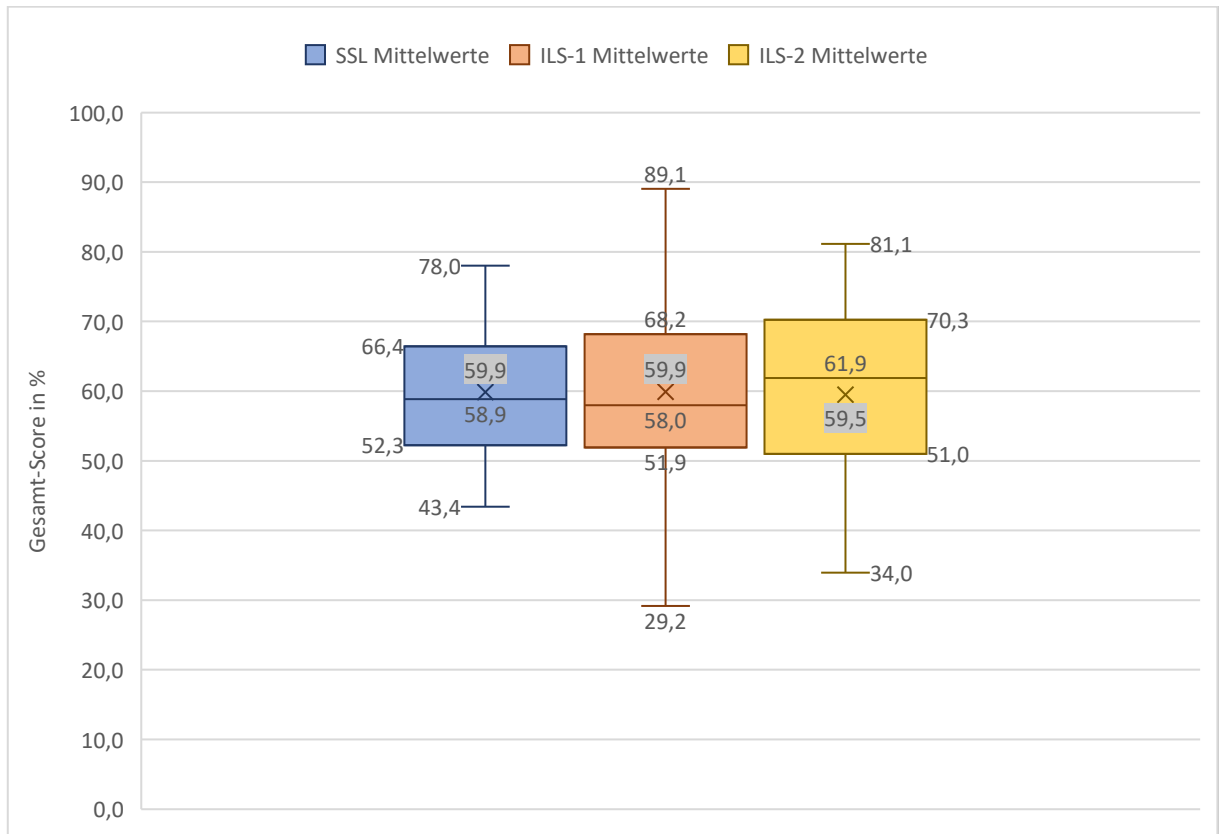
statistische Signifikanz scheint die Entwicklung des Gesamt-Scores in ILS-2 zu sein, der – wie bei den anderen Gruppen – zunächst einen Anstieg zu MP3 verzeichnet, dann jedoch – anders als bei den anderen Gruppen – nicht abfällt, sondern konstant bleibt bzw. sich noch leicht verbessert (4. Beobachtung; Abbildung 12).

Tabelle 8 – Mixed Model ANOVA

Daten-Zusammenfassung					
Mittelwert	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4	Gesamt
SSL	60,5	58,9	64,0	56,0	59,9
ILS-1	56,6	63,6	65,8	53,7	59,9
ILS-2	53,9	55,6	63,8	64,6	59,5
Gesamt	57,0	59,4	64,6	58,1	
ANOVA					
Streuungsursache		p-Wert	α-Wert		
H0 ₁ :	Gruppenmittelwert	0,9744	0,05		
H0 ₂ :	Messpunktmittelwert	0,0134	0,05		
H0 ₃ :	Wechselwirkung (Gruppe x Messpunkt)	0,0427	0,05		

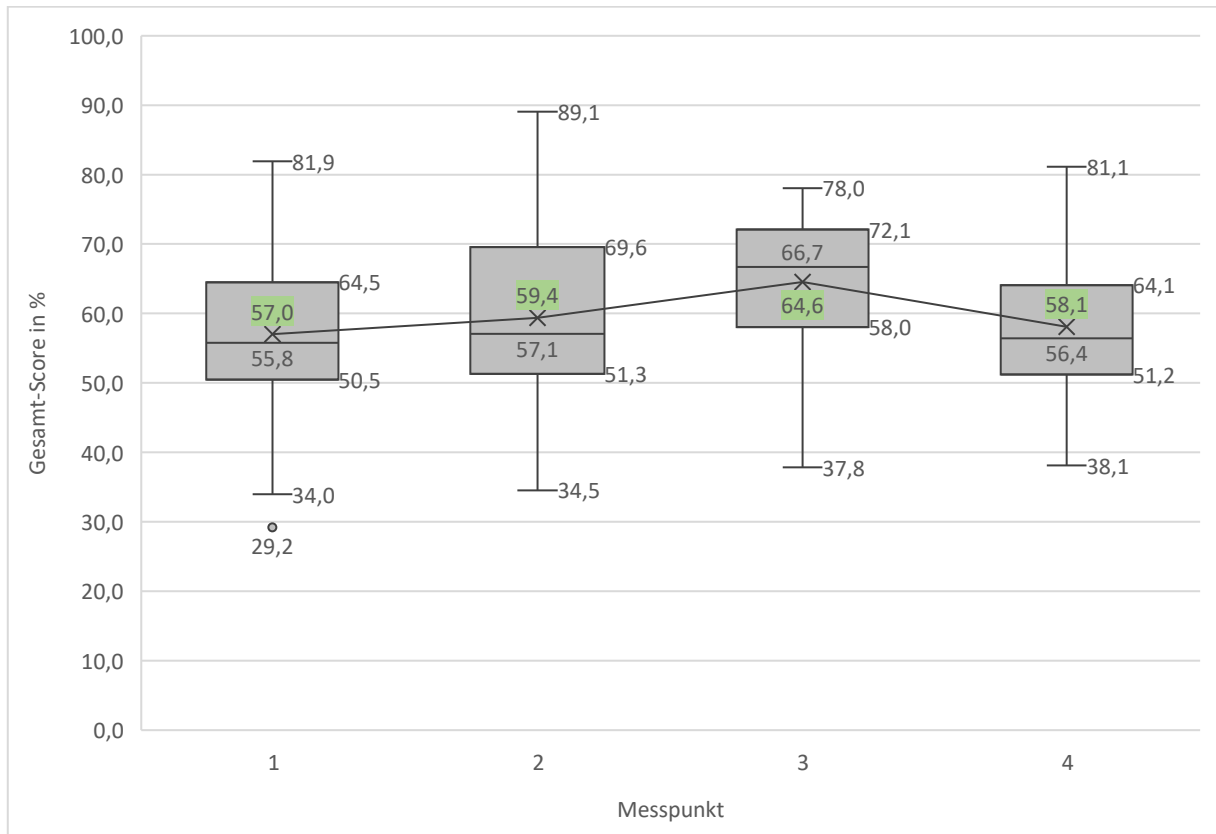
Die Tabelle zeigt einen Auszug aus den mit Microsoft EXCEL berechneten Daten einer Mixed Model ANOVA von Interventionsgruppe (Students Save Lives; SSL) und beiden Kontrollgruppen (Notfallmedizin; ILS-1 und ILS-2) im Verlauf über die Messpunkte 1 bis 4 (MP1 bis MP4). Aus den erreichten Gesamt-Score Ergebnissen der Probanden wurde für jeden Messpunkt ein Gruppenmittelwert und außerdem für jede Gruppe ein Gruppenmittelwert über alle Messpunkte hinweg (grau markiert) sowie für jeden Messpunkt der Messpunktmittelwert von allen Gruppen (grün markiert) berechnet. Die p-Werte für die Prüfung eines statistisch signifikanten Unterschieds bei Gruppenmittelwerten (H0₁), Messpunktmittelwerten (H0₂) und Wechselwirkung zwischen Gruppenzugehörigkeit und Messzeitpunkt (H0₃) sind fett markiert. Daten aus der ANOVA-Population (die ersten 13 Probanden der jeweiligen Gruppen mit Datenerhebungen bei allen Messpunkten).

Abbildung 13 – Gesamt-Score Verteilung der Gruppen



Die Abbildung stellt die Verteilung aller erreichten Gesamt-Score Ergebnisse von Interventionsgruppe (Students Save Lives; SSL) und beiden Kontrollgruppen (Notfallmedizin; ILS-1 und ILS-2) für alle Messpunkte zusammengefasst als Boxplot dar. Hierfür wurde die ANOVA-Population (die ersten 13 Probanden mit Datenerhebungen bei allen Messpunkten) berücksichtigt. Der Mittelwert wird mit einem ‚x‘ und der Median wird mit dem horizontalen Balken dargestellt, die korrespondierenden Werte werden in Prozent angegeben. Die Gruppenmittelwerte sind grau markiert. Daten aus der ANOVA-Population (die ersten 13 Probanden der jeweiligen Gruppen mit Datenerhebungen bei allen Messpunkten). Darstellung nach Microsoft EXCEL inklusive Median.

Abbildung 14 – Gesamt-Score Verteilung der Messpunkte



Die Abbildung stellt die Verteilung aller erreichten Gesamt-Score Ergebnisse zusammengefasst für die Messpunkte 1 bis 4 als Boxplot dar. Der Mittelwert wird mit einem ‚x‘ und der Median wird mit dem horizontalen Balken dargestellt, die korrespondierenden Werte werden in Prozent angegeben. Die Messpunktmittelwerte sind grün markiert und der Mittelwertverlauf wird mit einer Verbindungslinie angezeigt. Ausreißer werden mit einem Punkt dargestellt. Daten aus der ANOVA-Population (die ersten 13 Probanden der jeweiligen Gruppen mit Datenerhebungen bei allen Messpunkten). Darstellung nach Microsoft EXCEL inklusive Median.

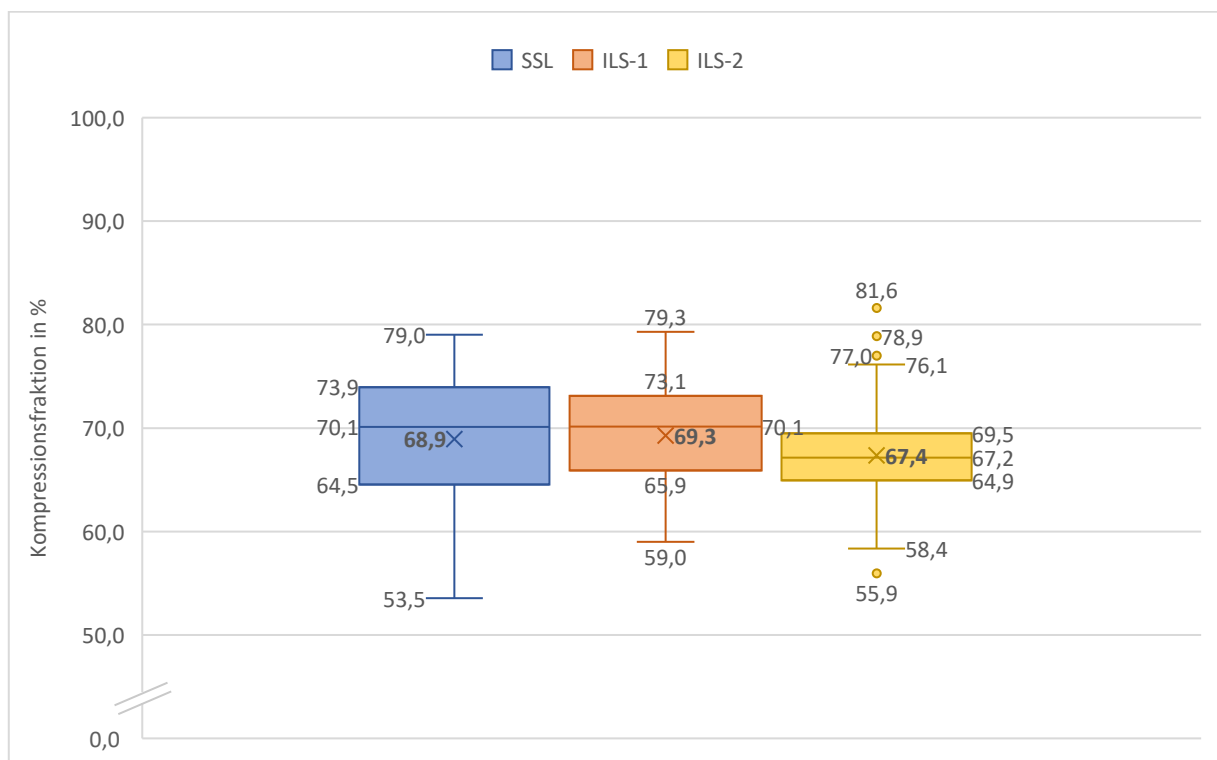
4.2 Sekundäre Endpunkte

Die deskriptive Analyse der sekundären Endpunkte greift wieder auf die Daten aller für die Analyse der sekundären Endpunkte eingeschlossenen Probanden (Analyse-Population) zurück. Zunächst werden die Parameter separat analysiert und danach in einem Gesamtüberblick eingeordnet. Schließlich wird der Gesamt-Score mit den Ergebnissen der Ambu-Software verglichen.

4.2.1 Flow-Zeit (Kompressionsfraktion)

Abbildung 15 stellt den Anteil der Flow-Zeit (Kompressionszeit) an der Gesamtreanimationszeit dar (entspricht Kompressionsfraktion). Es wird auf eine Darstellung der Daten über die Messpunkte verzichtet, da sich die Werte im Zeitverlauf kaum verändern.

Abbildung 15 – Kompressionsfraktion Verteilung

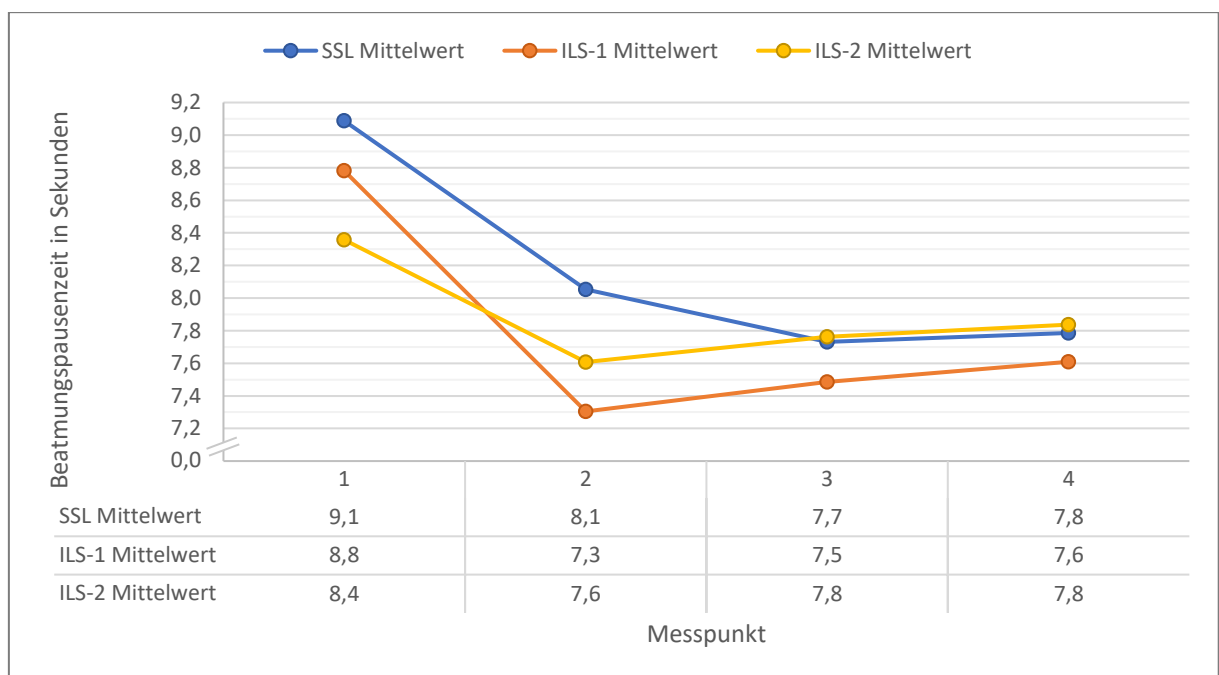


Die Abbildung zeigt die Verteilung der Kompressionsfraktion (Verhältnis Flow-Zeit zu Gesamtreanimationszeit) von Interventionsgruppe (Students Save Lives; SSL) und Kontrollgruppen (Notfallmedizin; ILS-1 und ILS-2) für alle Messpunkte zusammengefasst. Der Mittelwert wird mit einem ‚x‘ und der Median wird mit dem horizontalen Balken dargestellt, die korrespondierenden Werte werden in Prozent angegeben. Der Mittelwert ist fett markiert. Ausreißer werden mit einem Punkt dargestellt. Daten aus der Analyse-Population (alle Probanden der jeweiligen Gruppen mit einer Datenerhebung bei Messpunkt 4). Darstellung nach Microsoft EXCEL inklusive Median.

Insgesamt präsentieren sich die Gruppen auf einem ähnlichen Niveau, das bereits vor den Interventionen befriedigend ist. Bei einem Ausreißer (81,6 %, ILS-2, MP1) zeigen sich in der Auswertung minimale Pausenzeiten von 2 Sekunden ohne stattgehabte Beatmungen. Der Proband führt damit fast schon eine CO-CPR durch, weswegen der Erfolg der höheren Kompressionsfraktion zulasten der Beatmung geht und daher nicht zu sehr gewichtet werden sollte. Dem erwartbaren Maximalwert von etwa 80 % (Kapitel 3.7.3.1) nähern sich sonst nur wenige Probanden an, der Großteil liegt etwa 10 % unter diesem Niveau.

Bei der Betrachtung der durchschnittlichen Beatmungspausenzeiten in Abbildung 16 erkennt man in allen Gruppen eine Reduktion von MP1 zu MP2. Die Werte bleiben im Verlauf unter dem Ausgangsniveau, sinken jedoch nie unter 7 Sekunden.

Abbildung 16 – Beatmungspausenzeiten (No-Flow-Zeit)

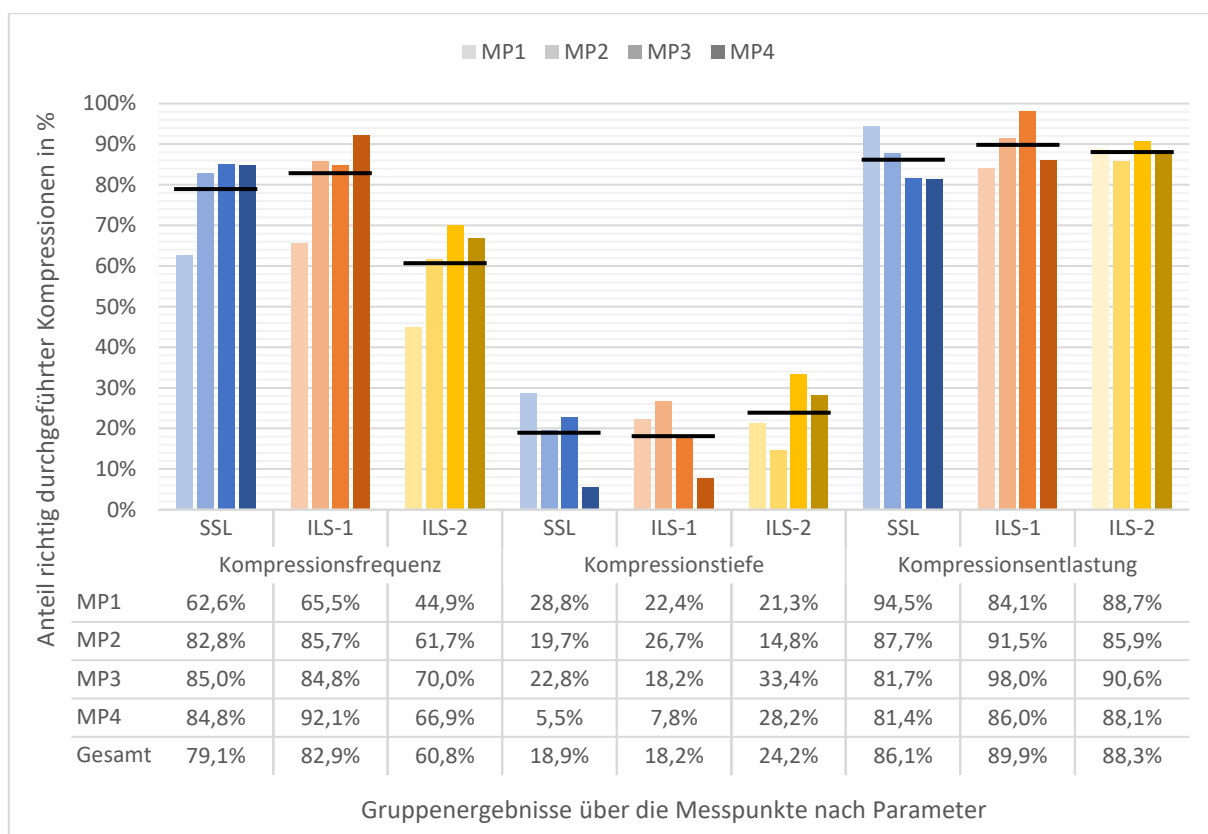


Darstellung der durchschnittlichen Beatmungspausenzeiten (in Sekunden) der Probanden von Interventionsgruppe (Students Save Lives; SSL) und Kontrollgruppen (Notfallmedizin; ILS-1 und ILS-2) über die Messpunkte 1 bis 4. Die untenstehende Tabelle gibt die zugehörigen Zahlenwerte an. Daten aus der Analyse-Population (alle Probanden der jeweiligen Gruppen mit einer Datenerhebung bei Messpunkt 4).

4.2.2 Thoraxkompressionen (Frequenz, Tiefe, Entlastung)

Abbildung 17 stellt die Parameter der Thoraxkompressionen mit dem jeweils korrekt durchgeführten Anteil für die Gruppen und Messpunkte dar. Im Messpunktverlauf innerhalb der Gruppen zeigt sich nur bei der Kompressionsfrequenz eine generelle Tendenz durch die Verbesserung aller Gruppen von MP1 zu MP2. Tabelle 9 drückt diesen prä-post-interventionellen Unterschied in Zahlen aus.

Abbildung 17 – Thoraxkompressionen (Frequenz, Tiefe, Entlastung)



Die Abbildung stellt den durchschnittlichen Anteil der richtig durchgeführten Kompressionen des jeweiligen Parameters (Kompressionsfrequenz, Kompressionstiefe und Kompressionsentlastung) für Interventionsgruppe (Students Save Lives; SSL) und beide Kontrollgruppen (Notfallmedizin; ILS-1 und ILS-2) für die Messpunkte 1 bis 4 (MP1 bis MP4) dar. Der von einer Gruppe erreichte Gesamtdurchschnitt wird mit dem horizontalen Balken angezeigt. Die untenstehende Tabelle gibt die zugehörigen Zahlenwerte an. Daten aus der Analyse-Population (alle Probanden der jeweiligen Gruppen mit einer Datenerhebung bei Messpunkt 4).

Die Kompressionen mit einer Frequenz außerhalb des empfohlenen Bereiches sind insgesamt eher zu schnell als zu langsam (20 vs. 9 %). Alle Interventionen scheinen einen positiven Effekt auf die Kompressionsfrequenz zu zeigen (55 vs. 77 %). Die anderen Parameter in Abbildung 17 (Kompressionstiefe und Kompressionsentlastung)

erscheinen dagegen ohne eindeutigen Verlauf im Sinne einer Verbesserung oder Verschlechterung.

Gesamtunterschiede zwischen den Gruppen sind ebenfalls bei der Kompressionsfrequenz am eindrucklichsten zu erkennen. Hier schneidet die ILS-2 etwa 20 % schlechter ab als die anderen Gruppen (Abbildung 17; Tabelle 9). Bei Kompressionstiefe und Kompressionsentlastung befinden sich alle Gruppen auf einem ähnlichen Niveau. Tabelle 10 nennt den durchschnittlich korrekt durchgeführten Anteil dieser Parameter und die Abweichungen davon.

*Tabelle 9 – Kompressionsfrequenzen
(Anteil der Zyklen mit richtiger Frequenz)*

	Prä- interventionell	Post- interventionell	Richtig (100-120 /min)	Zu langsam (< 100 /min)	Zu schnell (> 120 /min)
SSL	62,6 %	84,3 %	79,1 %	6,3 %	14,6 %
ILS-1	65,5 %	87,8 %	82,9 %	11,4 %	5,7 %
ILS-2	44,9 %	66,1 %	60,8 %	8,7 %	30,5 %
Gesamt	55,1 %	77,3 %	71,9 %	8,5 %	19,5 %

Die Tabelle zeigt einerseits den Anteil der Zyklen mit richtiger Kompressionsfrequenz vor (präinterventionell) und nach (postinterventionell) Erhalt der jeweiligen Intervention für die Interventionsgruppe (Students Save Lives; SSL) und beide Kontrollgruppen (Notfallmedizin; ILS-1 und ILS-2) sowie für alle Gruppen zusammengesetzt. Andererseits stellt sie für jede Gruppe den Anteil aller Kompressionen mit richtiger, zu langsamer und zu schneller Kompressionsfrequenz dar. Daten aus der Analyse-Population (alle Probanden der jeweiligen Gruppen mit einer Datenerhebung bei Messpunkt 4).

Interessanterweise liegen die erreichten Werte für die korrekte Durchführung bei der Kompressionstiefe am unteren und bei der Kompressionsentlastung am oberen Ende der Skala (Abbildung 17; Tabelle 10). Während die Mehrheit aller Probanden im Schnitt weniger als 20 % der Kompressionen mit richtiger Tiefe durchführt, erreicht kein Proband mehr als 80 % richtige Drucktiefe. Im Gegensatz dazu entlasten die meisten Probanden mehr als 80 % ihrer Kompressionen vollständig.

Tabelle 10 – Kompressionstiefe und Kompressionsentlastung

	Kompressionstiefe			Kompressionsentlastung	
	Richtig (5-6 cm)	Zu tief (> 6 cm)	Zu gering (< 5 cm)	Richtig (vollständig)	Falsch (unvollständig)
SSL	18,9 %	78,3 %	2,7 %	86,1 %	13,9 %
ILS-1	18,2 %	77,6 %	4,2 %	89,9 %	9,7 %
ILS-2	24,2 %	72,4 %	3,3 %	88,3 %	11,7 %
Gesamt	21,1 %	75,6 %	3,3 %	87,9 %	12,0 %

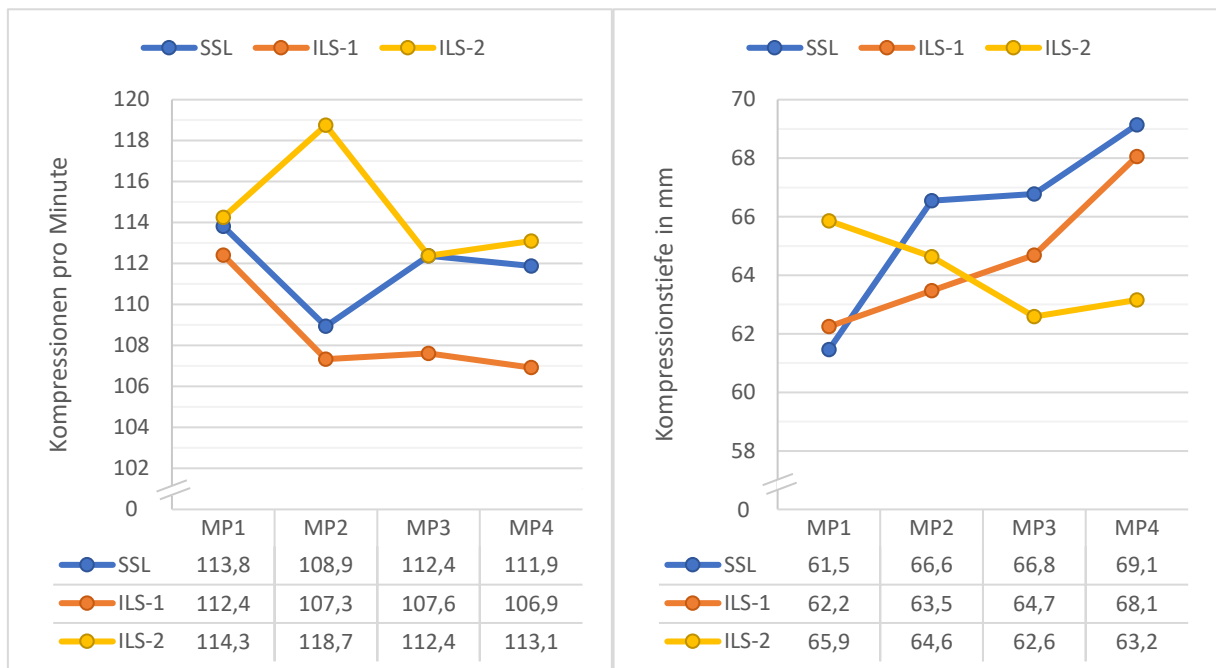
Übersicht über den Anteil aller Kompressionen mit richtiger, zu tiefer und zu geringer Kompressionstiefe sowie den Anteil aller Kompressionen mit vollständiger und unvollständiger Kompressionsentlastung für die Interventionsgruppe (Students Save Lives; SSL) und beide Kontrollgruppen (Notfallmedizin; ILS-1 und ILS-2). Daten aus der Analyse-Population (alle Probanden der jeweiligen Gruppen mit einer Datenerhebung bei Messpunkt 4).

Abbildung 18 beschreibt die Verläufe der Durchschnittswerte von Kompressionsfrequenz (a) und Kompressionstiefe (b) über die Messpunkte hinweg, wobei die Daten der Kompressionstiefe der Ambu-Auswertung entnommen worden sind. Die durchschnittliche Frequenz zeigt bei SSL und ILS-2 keinen eindeutigen Verlauf, während sie bei ILS-1 über die Messpunkte hinweg etwas abnimmt. Sie bewegt sich jedoch bei allen Gruppen stets innerhalb des empfohlenen Frequenzbereichs (100 bis 120 Kompressionen min^{-1} ; Abbildung 18a).³¹ Die durchschnittliche Kompressionstiefe steigt bei SSL und ILS-1 im Verlauf an und nimmt bei ILS-2 ab (Abbildung 18b). Anders als bei der Frequenz liegt sie allerdings in allen Fällen außerhalb des empfohlenen Bereiches (> 6 cm).³¹

Abbildung 18 – Kompressionsfrequenz und Kompressionstiefe

a) Kompressionsfrequenz

b) Kompressionstiefe (entnommen von Ambu)

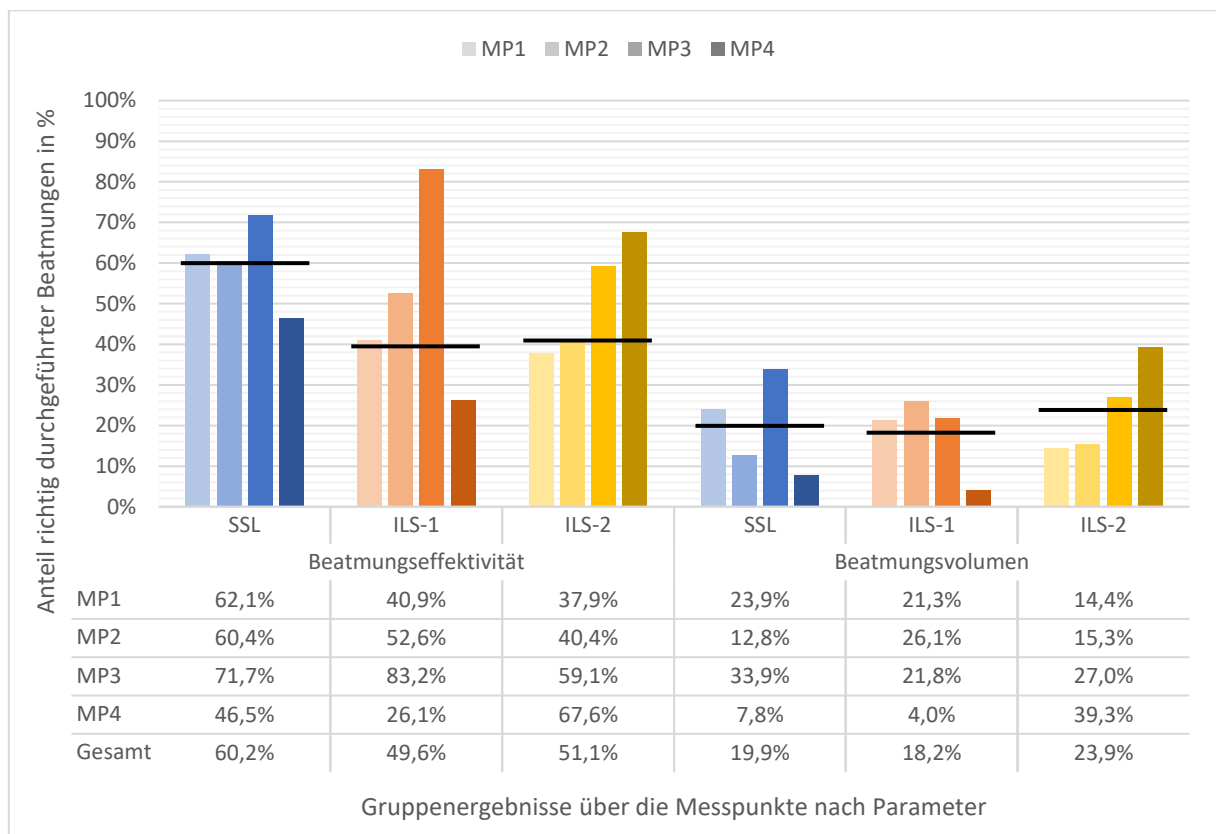


Grafik a) zeigt die durchschnittliche Kompressionsfrequenz (in Kompressionen pro Minute) und Grafik b) die durchschnittliche Kompressionstiefe (in mm; Daten entnommen der Ambu-Software) von Interventionsgruppe (Students Save Lives; SSL) und beiden Kontrollgruppen (Notfallmedizin; ILS-1 und ILS-2) über die Messpunkte 1 bis 4 (MP1 bis MP4). Die untenstehenden Tabellen geben die zugehörigen Zahlenwerte an. Daten aus der Analyse-Population (alle Probanden der jeweiligen Gruppen mit einer Datenerhebung bei Messpunkt 4).

4.2.3 Beatmung (Effektivität, Volumen)

Bei der Betrachtung der Beatmungseffektivität und des Beatmungsvolumens im Zeitverlauf in Abbildung 19 fallen weder eindeutige Entwicklungstendenzen der Gruppen noch große Unterschiede zwischen den Gruppen auf. Beide Kontrollgruppen verbessern sich bei den Beatmungsparametern über die Intervention, während die Interventionsgruppe keine schlüssige Entwicklung zeigt. Ein Abfall zu MP4 ist allerdings bei Interventions- und erster Kontrollgruppe zu beobachten. Die zweite Kontrollgruppe kann sich in beiden Parametern stetig verbessern.

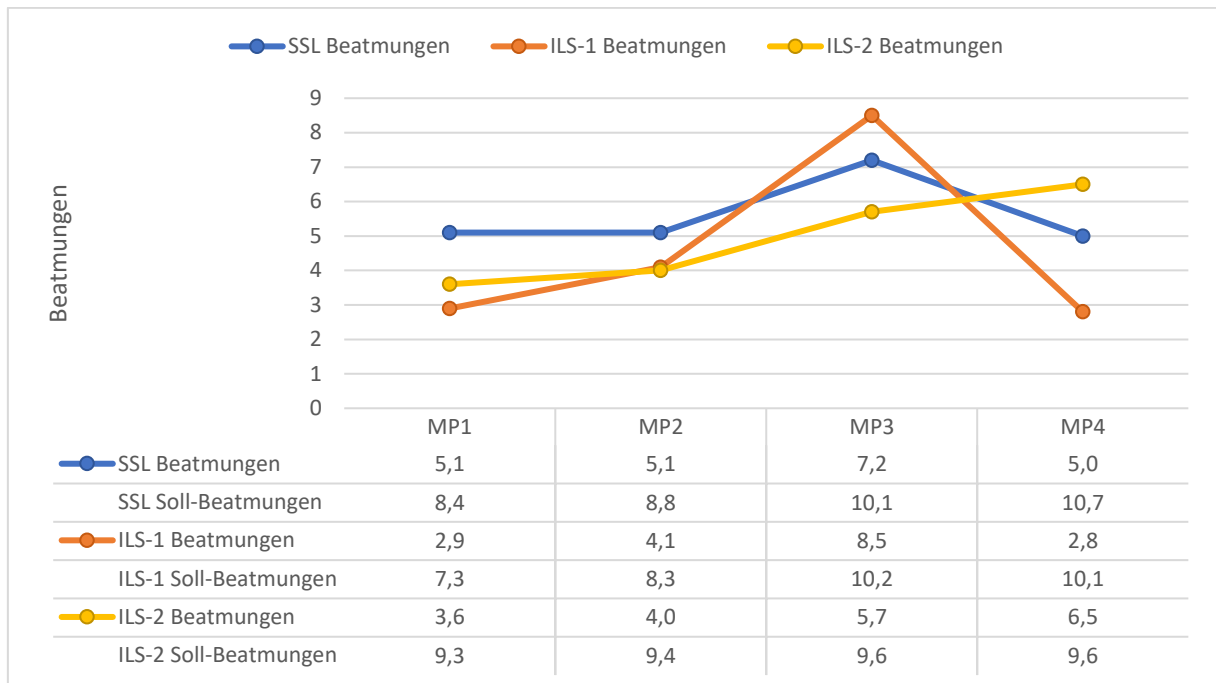
Abbildung 19 – Beatmungen (Effektivität, Volumen)
(Durchschnittlicher Anteil der richtig durchgeführten Beatmungen, Gesamtdurchschnitt schwarze Linie)



Die Abbildung stellt den durchschnittlichen Anteil der richtig durchgeführten Beatmungen des jeweiligen Parameters (Beatmungseffektivität und Beatmungsvolumen) für Interventionsgruppe (Students Save Lives; SSL) und beide Kontrollgruppen (Notfallmedizin; ILS-1 und ILS-2) für die Messpunkte 1 bis 4 (MP1 bis MP4) dar. Der von einer Gruppe erreichte Gesamtdurchschnitt wird mit dem horizontalen Balken angezeigt. Die untenstehende Tabelle gibt die zugehörigen Zahlenwerte an. Daten aus der Analyse-Population (alle Probanden der jeweiligen Gruppen mit einer Datenerhebung bei Messpunkt 4).

Abbildung 20 stellt die durchschnittlichen Beatmungserfolge (Ist-Beatmungen) der Gruppen pro Aufzeichnung dar. Zusätzlich werden die nach ERC-Leitlinien empfohlenen Beatmungsversuche (Soll-Beatmungen: 2 pro Zyklus) in der Datentabelle angezeigt. Hieraus lässt sich die tatsächliche Beatmungseffektivität berechnen (Tabelle 11).

Abbildung 20 – Beatmungen pro Aufzeichnung



Darstellung der durchschnittlich erfolgten Beatmungen (Ist-Beatmungen) von Interventionsgruppe (Students Save Lives; SSL) und beiden Kontrollgruppen (Notfallmedizin; ILS-1 und ILS-2) pro Aufzeichnung über die Messpunkte 1 bis 4 (MP1 bis MP4). Die untenstehende Tabelle gibt die zugehörigen Zahlenwerte und außerdem die berechnete durchschnittliche Anzahl an Soll-Beatmungen pro Aufzeichnung für jeden Messpunkt an. Daten aus der Analyse-Population (alle Probanden der jeweiligen Gruppen mit einer Datenerhebung bei Messpunkt 4).

Bei weniger als 5 erfolgreichen Beatmungen von 9 Beatmungsversuchen liegt die Gesamt-Effektivität bei etwa 54 %. In einem prä-post-Vergleich verbesserten die Kontrollgruppen ILS-1 und ILS-2 ihre Ergebnisse über die Interventionen um mehr als 10 %, wohingegen sich der Wert der Interventionsgruppe kaum verändert (Tabelle 11). Eine Abnahme nach 6 Monaten zeigt sich für SSL und ILS-1, dagegen steigert sich ILS-2 stetig. Insgesamt schneidet die Interventionsgruppe mit etwa 60 % gegenüber den Kontrollgruppen ILS-1 und ILS-2 mit etwa 50 % besser ab. Die Ergebnisse scheinen kongruent zu denen von Abbildung 19.

Tabelle 11 – Beatmungseffektivität und Beatmungsvolumina
(Angabe des durchschnittlichen Ist-Soll-Verhältnisses für die Beatmungsanzahl)

	Beatmungseffektivität			Beatmungsvolumina		
	Prä- interventionell (MP1)	Post- interventionell (MP2 bis MP4)	Gesamt	Ausreichend (400-800 ml)	Zu wenig (< 400 ml)	Zu viel (> 800 ml)
SSL	60,6 %	58,1 %	58,7 %	28,9 %	66,3 %	4,8 %
ILS-1	40,0 %	52,5 %	49,8 %	30,6 %	67,1 %	2,3 %
ILS-2	38,1 %	56,5 %	51,9 %	37,7 %	46,2 %	16,1 %
Gesamt	45,4 %	56,1 %	53,6 %	33,1 %	57,7 %	9,2 %

Übersicht über die Beatmungseffektivität (durchschnittlicher Anteil erfolgreicher Beatmungen) im prä- und post-interventionellen Vergleich sowie Auflistung der durchschnittlichen Beatmungsvolumina von Interventionsgruppe (Students Save Lives; SSL) und beiden Kontrollgruppen (Notfallmedizin; ILS-1 und ILS-2). Aufschlüsselung der erreichten Beatmungsvolumina in drei Kategorien: ausreichend (400-800 ml), zu wenig (< 400 ml), zu viel (> 800 ml). Daten aus der Analyse-Population (alle Probanden der jeweiligen Gruppen mit einer Datenerhebung bei Messpunkt 4).

Bei dem Parameter Beatmungsvolumen verbessern sich beide Kontrollgruppen über die Interventionen, während dies der Interventionsgruppe nicht gelingt. Dennoch fallen die Werte von SSL und ILS-1 zu MP4 ab. ILS-2 zeigt stattdessen noch eine deutliche Verbesserung. Insgesamt wird etwa ein Drittel aller Beatmungen mit ausreichendem Volumen durchgeführt (33 %). Mehr als die Hälfte der Beatmungen zeigt ein zu geringes (58 %) und etwa 9 % ein zu hohes Beatmungsvolumen.

5 Diskussion

5.1 Methodendiskussion

5.1.1 Stichprobe, Studiendesign und Durchführung

Erfreulicherweise konnte die Studie trotz der Pandemie wie geplant durchgeführt werden. Stichprobe, Studiendesign und auch die zeitlichen Vorgaben der Interventionen und der Messpunktabläufe sind eingehalten worden (Abbildung 4 und Tabelle 1). Es konnte sogar eine weitere Messreihe in der Kontrollgruppe durchgeführt werden (ILS-2). Während der Interventionen ereigneten sich keine größeren Schwierigkeiten. Kurs-Ablauf und die Inhalte bereiteten den meisten Probanden keine signifikanten Probleme und auch beim verwendeten Material zeigten sich keine größeren Ausfälle. Damit können Planung und Durchführung der Studie als erfolgreich gewertet werden. Das nach den Interventionen abschließende Feedback der Studierenden fiel passend dazu überwiegend sehr positiv aus.

Die Interventionen wurden im Rahmen des Studiendesigns als Wahlfächer für Humanmedizin-Studierende der Fachsemester 7 bis 9 angeboten. Die Verteilung der Probanden auf die Gruppen erfolgte nach einer Präferenzwahl und nicht randomisiert. Somit besteht die Wahrscheinlichkeit, dass in die Studie insgesamt eher Studierende eingeschlossen worden sind, die sich für Notfallmedizin und das Unterrichten interessieren. Darüber hinaus könnten sich auch die Studiengruppen untereinander unterscheiden: In der Interventionsgruppe lag der inhaltliche Schwerpunkt auf Peer Teaching, womit vor allem Studierende angesprochen worden sein könnten, die gerne mit Schülern als Laien zusammenarbeiten. Auf der anderen Seite konzentrierten sich die Kontrollgruppen ILS-1 und ILS-2 im Rahmen von Simulationstraining auf das Vorgehen bei medizinischen Notfall- und Reanimationssituationen. Durch die Zuteilung nach Präferenz ist daher nicht nur ein Unterschied der Studienpopulation, mit ihrem speziellen Interesse für die Thematik, von der Grundgesamtheit aller Studierenden in Betracht zu ziehen, auch die verschiedenen Gruppen innerhalb der Studie unterliegen wahrscheinlich einem Selektionsbias. Die Repräsentativität der Studie und die Übertragbarkeit der Ergebnisse müssen deswegen kritisch betrachtet werden. Demgegenüber stellt die Verteilung nach Präferenz ein praxisnäheres Verfahren als die Randomisierung dar, da Personen im Allgemeinen ihren Interessen nachgehen. Eine Analyse der Strukturmerkmale der Gruppen wäre hilfreich, um eine bessere Repräsentativität der Ergebnisse zu erreichen.

Bei der Analyse der Strukturmerkmale der Gruppen könnte eine weitere Störgröße (Confounder) identifiziert werden: Studierende mit notfallmedizinischer Berufsausbildung oder Erfahrung haben sich bei der Gruppenwahl entsprechend ihrem Interesse möglicherweise eher für die Kontrollgruppen entschieden, sodass die Gruppen bereits vor den Interventionen ein unterschiedliches Ausgangsniveau aufgezeigt haben könnten. Dies würde außerdem die Vergleichbarkeit der Gruppen einschränken. Im Mittelwertverlauf (Abbildung 11 und Abbildung 12) lässt sich ein Vorteil der Kontrollgruppen gegenüber der Interventionsgruppe allerdings nicht feststellen. Es zeigt sich sogar ein Ausgangsvorteil von etwa 4 % der Interventionsgruppe. Mutmaßlich hatte also die Interventionsgruppe einen Vorteil durch Studierende mit Vorkenntnissen im Bereich von BLS-Maßnahmen.

Als weiterer Einflussfaktor muss das Fachsemester der Probanden in Betracht gezogen werden, da Studierende im Fachsemester 9 das Querschnittsfach Notfallmedizin absolvieren, in dem theoretisch und praktisch erweiterte Reanimationsmaßnahmen behandelt werden. Durch dieses zusätzliche Training im Studienverlauf z. B. vor den Datenerhebungen 3 und 6 Monate nach den Interventionen könnte es zu einer Verbesserung der entsprechenden Probanden gekommen sein. Studierende im Fachsemester 9 hätten also bei den Datenerfassungen gegenüber ihren Kommilitonen aus den Fachsemestern 7 und 8 einen nicht abschätzbaren Vorteil gehabt. Dabei wurde in dieser Auswertung nicht berücksichtigt, wie die Verteilung der Studierenden welchen Fachsemesters auf die Gruppen ausgefallen ist.

Welchen Einfluss genau Berufsausbildung und -erfahrung, Fachsemester sowie das inhaltliche Interesse der Studierenden auf die Repräsentativität, die Ergebnisse und den Mittelwertverlauf gehabt haben, muss an dieser Stelle offenbleiben. Eine Randomisierung zur Vermeidung des Selektionsbias und Ausschaltung der oben beschriebenen und weiterer unbekannter Störfaktoren wäre von Vorteil gewesen. Da diese nicht möglich war, muss die Interpretation der Daten unter Berücksichtigung dieser Faktoren vorgenommen werden, wobei der genaue Einfluss auf die Ergebnisse unbekannt bleibt. Eine Analyse der strukturellen Unterschiede der Gruppen wäre daher eine sinnvolle Ergänzung. Durch den Selbsteinschätzungsbogen sind Informationen wie Fachsemester, Ausbildung im Gesundheitswesen sowie bisheriges Reanimationstraining festgehalten worden. In einer weitergehenden Analyse könnte

daher auf diese Daten zurückgegriffen werden. Hierbei kämen als zusätzliche Hilfsmittel eine Stratifizierung oder Regressionsanalyse in Frage.

Ein weiteres Problem bei der Betrachtung der Datenlage ist die Probandenzahl, da im ersten Durchlauf in beiden Gruppen (SSL und ILS-1) die angestrebte Fallzahl von 50 Studierenden nicht erreicht worden ist. Eine zweite Durchführung von SSL war mit Ausbruch der Covid-19-Pandemie und den damaligen Einschränkungen im öffentlichen und privaten Bereich nicht mehr möglich. Damit steht der Datenauswertung der Interventionsgruppe nur ein Durchlauf mit 37 Studierenden zur Verfügung. Im Verlauf der Messungen wurde die angenommene Drop-Out-Rate von 15 % weit überschritten, bei MP4 beträgt sie 49 %. Bei ILS-1 mit initial 47 Studierenden liegt die Drop-Out-Rate sogar bei 68 %. Trotzdem fand während der Pandemie ein weiterer Durchlauf (ILS-2) mit 89 Studierenden und einem angepasstem Kursablauf statt. Auch hier liegt die Drop-Out-Rate zu MP4 bei 70 %. Die gleichen Drop-Out-Raten der Kontrollgruppen und der Unterschied zur Drop-Out-Rate der Interventionsgruppe können ein Hinweis dafür sein, dass die Studierenden in der Interventionsgruppe eher gewillt waren an den Folge-Untersuchungen teilzunehmen. Dies kommt möglicherweise durch die Gruppenzusammensetzungen zustande. Allerdings muss auch das Kursformat als Einflussfaktor auf die Protokoll-Treue berücksichtigt werden. Man könnte z. B. weiter untersuchen, ob das Kursformat SSL die Studierenden eher begeistert und sie dazu veranlasst hat, sich mit dem Thema BLS auseinander zu setzen und an den Folge-Untersuchungen teilzunehmen.

Der Zeitpunkt der Interventionen mit den Messungen nach 3 und 6 Monaten kann ebenfalls einen Einfluss auf die Ergebnisse gehabt haben. Fanden SSL und ILS-1 noch vor der Pandemie statt, erhielt ILS-2 die Intervention in der Akutphase der Pandemie mit staatlich reguliertem Lockdown und hohen Sicherheits- und Hygienemaßnahmen. Lediglich die letzte Datenerhebung nach 6 Monaten von SSL und ILS-1 fand unter den gleichen Bedingungen statt. Damit waren die Studierenden von SSL und ILS-1 bei MP4 und bei ILS-2 im gesamten Verlauf womöglich einem psychosozialen Einfluss durch die Pandemie ausgesetzt. Unbewusster oder bewusster Stress aufgrund von Ängsten, z. B. vor Ansteckungsgefahr, kann die Leistung von Studierenden erheblich beeinflusst haben. Dabei kann hier nicht abschließend geklärt werden, wie dieser Einfluss ausgesehen haben könnte und ob er tatsächlich vorlag. Eine Wiederholung der Studie nach Beendigung der Pandemie

wäre interessant, um die Ergebnisse zu vergleichen und so gegebenenfalls einen solchen Effekt feststellen zu können.

Außerdem brachte die pandemische Situation mit ihren Hygiene-Auflagen eine grundlegende Veränderung des Kursformates von ILS-2 mit sich. Die Kursdauer musste von 3 Tagen auf 1 Tag reduziert werden, was eine Kompression des Stoffes mit erhöhtem Lernaufwand der zu vermittelnden Inhalte an einem Tag mit sich brachte. Der Kursablauf wurde dementsprechend angepasst, inhaltlich wurde nur das letzte Simulationstraining aus dem dreitägigen Kurs weggelassen. Zusätzlich mussten die Studierenden bei ILS-2 eine umfassende PSA (FFP2-Maske, Face Shield, Kittel und Handschuhe) im gesamten Kursverlauf tragen. Auch diese könnte bei erhöhter körperlicher Anstrengung, insbesondere bei Reanimationssituationen, einen Einfluss auf den Lernerfolg der Studierenden und somit die Ergebnisse von ILS-2 gehabt haben. Die einzeln durchgeführten Datenerfassungen fanden dagegen ohne PSA mit Mund-zu-Mund-Beatmung statt. Tatsächlich scheint der Lerneffekt von ILS-2 über die Intervention nicht so deutlich auszufallen wie bei ILS-1, langfristig scheinen die genannten Einschränkungen allerdings keinen negativen Einfluss auf den Lernerfolg gehabt zu haben. Die zweite Kontrollgruppe präsentierte sich im Mittelwertverlauf nach 3 und 6 Monaten sogar als nachhaltigste Gruppe. Weitere Untersuchungen mit einem Vergleich von gleichem Kursinhalt und -ablauf bei unterschiedlichen Kursbedingungen (wie das Tragen von PSA) wären interessant, um möglich bestehende Einflussfaktoren oder Effekte zu identifizieren.

Insgesamt muss die Vergleichbarkeit der Gruppen kritisch betrachtet werden: Während sich die Probanden der Interventionsgruppe nur mit BLS-Inhalten auseinandersetzten, erhielten die Probanden der Kontrollgruppen weitergehende Kenntnisse, die in den Bereich des ALS-Algorithmus reichen. In der SSL-Gruppe lag der Schwerpunkt damit vor allem auf der korrekten Durchführung des BLS-Algorithmus, wohingegen in den ILS-Gruppen Aspekte wie Teamleitung, Teamkommunikation und Entscheidungsfindung im Vordergrund standen. Auch wenn eine Kenntnis des Algorithmus Voraussetzung war und technische Fähigkeiten durch Instruktoren-Feedback korrigiert worden sind, wurden diese nicht in gleichem Maße trainiert.

Schließlich fiel bei der Auswertung der Ambu-Aufzeichnungen auf, dass einige Datensätze zwar angelegt, aber nicht korrekt erfasst worden sind. Es kam zu Aufzeichnungen, bei denen der Proband bereits mit Thoraxkompressionen begonnen

hatte. Dies führte zu einer fehlerhaften Kalibrierung des Drucktiefe-Sensors, der seine Null-Position im Ruhezustand mit Beginn der Aufzeichnung ermittelt. Diese Sitzungen wurden nicht abgebrochen und neu gestartet, sondern in einigen Fällen laufen gelassen, wodurch es zu unbrauchbaren Datensätzen gekommen ist. Mit einer Einführung der Instruktoren in die Bedienung der Ambu-Trainingsgeräte vorab hätten solche Fehler möglicherweise vermieden werden können.

5.1.2 Parameter- und Score-System

Die Entwicklung des Bewertungssystems ging mit einigen Veränderungen einher: Von ursprünglich 16 geplanten Parametern, die in den Gesamt-Score einfließen sollten, waren am Ende des Entwicklungsprozesses nur 6 technische Parameter übriggeblieben. Somit setzt sich der finale Gesamt-Score nur noch aus den Parametern Flow-Zeit, Kompressionsfrequenz, Kompressionstiefe, Kompressionsentlastung, Beatmungseffektivität und Beatmungsvolumen zusammen. Die nicht-technischen Parameter, die anhand des BLS-Bewertungsbogens durch die Beobachter erfasst worden sind, und die technischen Parameter Handposition und Beatmungsfrequenz wurden von dem Gesamt-Score ausgeschlossen.

Bei der Entwicklung einer Bewertungsmethode wurde darauf geachtet, dass das System die Leistung der Studierenden nicht nur quantifizierbar abbildet, sondern ebenfalls „verlässlich und reproduzierbar“ ist.⁴⁹ Mit diesen Gedanken entwickelte und untersuchte ein Autorenteam ein Punktesystem mit 6 Items, das dem in dieser Arbeit genutzten System ähnlich ist. Es handelte sich um rein technische Parameter, die mit der Aufzeichnung des Trainingsgerätes und durch Beobachtung der Instruktoren erfasst worden sind. Die Autoren bestätigten, dass ein solches System nicht nur in der Lage war, positive Trainingseffekte im Sinne eines statistisch signifikanten Unterschiedes widerzuspiegeln, sondern auch einfach und objektiv anwendbar sei.⁴⁹ Damit kann dieses Bewertungssystem als Vorlage für die in dieser Arbeit entwickelte Bewertungsmethode gesehen werden. Das entscheidende Kriterium bei der Entwicklung war ein hohes Maß an Objektivität bei einfacher Anwendbarkeit und der Möglichkeit Trainingseffekte statistisch signifikant darzustellen. Der größte Unterschied zwischen den Bewertungsmethoden liegt in der Punktevergabe: Das von den Autoren entwickelte System legt einen Mittelwert oder höchsten Wert für einen Parameter als Gesamtwert fest. Je weiter dieser Gesamtwert von den Referenzbereichen der Leitlinienempfehlungen abweicht, desto mehr Strafpunkte

erhält ein Proband. Für Maßnahmen innerhalb des Referenzbereiches werden keine Strafpunkte vergeben. Dagegen werden in dieser Arbeit alle korrekten Durchführungen eines Parameters in ein Verhältnis mit sämtlich erfassten Durchführungen des jeweiligen Parameters gesetzt. Daraus resultiert eine positive Punktevergabe für den Anteil an korrekten Durchführungen eines Parameters. Alle Durchführungen außerhalb des Referenzbereiches bringen dem Probanden keine Punkte (Alles-oder-nichts-Prinzip). Im Vergleich zu der Bewertungsmethode aus der Studie kann dadurch ein strengeres Leistungsbild der Studierenden gezeichnet werden, da es keine Abstufungen bei Leistungsverlusten gibt. Andererseits wird durch das Festlegen eines Gesamtwertes für einen Parameter eine Verallgemeinerung des Leistungsbildes der Probanden vorgenommen, wodurch es zu einer Verzerrung der tatsächlichen Leistung eines Probanden kommen könnte. Darüber hinaus wurden in der Studie lediglich die letzten beiden Zyklen der zweiminütigen Sitzung analysiert, während in dieser Arbeit in der Regel alle vollständig erfassten Zyklen der zweiminütigen Aufzeichnung ausgewertet worden sind.

Eine Studie von 1990 verglich eine beobachterbasierte Checkliste mit der Auswertung einer Geräteaufzeichnung und stellte große Unterschiede zwischen beiden Bewertungsmethoden fest.⁴⁸ Die Autoren bemängelten die subjektive und wenig akkurate Einschätzung von Beobachtern bei der Beurteilung der BLS-Leistung und hoben die positiven Eigenschaften einer Geräteaufzeichnung hervor. Menschliche Beobachter bzw. Instruktoressen könnten ihre Probanden wohlwollend bewerten, wie die Autoren einer anderen Studie bei der Testung der BLS-Fähigkeiten von Allgemeinmedizinerinnen mit zwei verschiedenen Scoring-Systemen kommentierten.⁵² Sie vermuteten eine „Zurückhaltung bei einer schlechten Bewertung“ durch ärztliche Kolleginnen und Kollegen.⁵² Andererseits sei eine Gesamtbeurteilung der BLS-Leistung allein durch Geräteaufzeichnungen nicht möglich, da sie die nicht-technischen Fähigkeiten im Algorithmus-Ablauf nicht ausreichend berücksichtigten. Die Autoren empfahlen die Kombination beider Methoden, wie ursprünglich für diese Arbeit geplant.⁵² Daher muss der Ausschluss des BLS-Bewertungsbogens für die Berechnung des Gesamt-Scores kritisch betrachtet werden. Die Konzentration auf die relevantesten technischen Fähigkeiten in der Basisreanimation zur Vereinfachung der Bewertungsmethode brachte einen Datenverlust mit sich, der eine Verzerrung der Leistung der Probanden nach sich ziehen könnte. Beispielsweise hätte ein Proband mit den ausgeschlossenen Parametern Punkte ausgleichen können, die er in den

anderen Kategorien nicht erreicht hätte. Trotzdem traf dieser Effekt alle Studierenden gleichermaßen, da die Bewertungsmethode für alle Gruppen gleich ausfiel.

Eine Autorengruppe aus Cardiff entwickelte über 3 Studien hinweg ein eigenes Bewertungssystem, das mittels videobasierter Beobachter-Checklisten und Geräteaufzeichnungen BLS-Algorithmus und die technischen Fähigkeiten der Reanimationsmaßnahmen beurteilte.⁵³⁻⁵⁵ Ein britisch-dänisches Autorenteam griff dieses System 17 Jahre später auf, reevaluierte es und passte es an, sodass es je nach untersuchter Probandengruppe 15 bis 22 Items enthält, um die BLS-Leistung eines Probanden zu beurteilen.⁵⁶ Die Autoren sehen ihre Publikation als „Leitfaden für Forscher, um die Validität und Vergleichbarkeit bei der Untersuchung von pädagogischen Maßnahmen im Rahmen der BLS-Ausbildung zu erhöhen“.⁵⁶ Daher sollte als valides Bewertungsmittel und zur besseren Vergleichbarkeit mit anderen Studien für künftige Studien auf das Copenhagen-Tool zurückgegriffen werden.

5.1.3 Statistik

Die pandemiebedingte Umstellung des Kursformates und der zeitliche Versatz der Kontrollgruppen ILS-1 und ILS-2 brachte die Entscheidung mit sich, diese nicht zusammen auszuwerten. Studiendesign und Fallzahlplanung waren auf die Analyse einer Interventions- und einer Kontrollgruppe mit einem zweiseitigen Student's t-Test ausgerichtet. Die ursprüngliche statistische Planung wurde daher ungültig und musste mit Hilfe der Beratung durch das Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik angepasst werden. Die Umstellung der Analyse des primären Endpunktes von einem Student's t-Test auf eine Mixed Model ANOVA brachte die Beschränkung der Probandenzahl auf die kleinste gemeinsame Gruppengröße mit sich (ANOVA-Population). Dadurch fielen für statistische Auswertung des primären Endpunktes 6 Probanden in der Interventionsgruppe und 2 (ILS-1) bzw. 14 (ILS-2) Probanden in den Kontrollgruppen weg. Dementsprechend veränderten sich auch die für die statistische Auswertung genutzten Mittelwerte. Schließt man diese Probanden wieder in die Analyse ein, fällt vor allem die Veränderung des Gesamtmittelwertes bei ILS-2 deutlich aus, wodurch ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen möglich wird (Tabelle 12).

Tabelle 12 – Mittelwert-Unterschiede für die Populationen

	SSL	ILS-1	ILS-2
ANOVA-Population	59,9	59,9	59,5
Analyse-Population	59,0	58,4	56,0

Tabelle mit den Gruppenmittelwerten für alle Messpunkte zusammengefasst von Interventionsgruppe (Students Save Lives; SSL) und beiden Kontrollgruppen (Notfallmedizin; ILS-1 und ILS-2). Bei der ANOVA-Population (die ersten 13 Probanden mit Datenerhebungen bei allen Messpunkten) zeigt sich kein Unterschied zwischen den Mittelwerten während bei der Analyse-Population (alle Probanden mit einer Datenerhebung bei Messpunkt 4) ein signifikanter Unterschied möglich scheint.

Die Wahl der statistischen Auswertungsmethode ging mit einem Datenverlust einher, der zu einer Verzerrung der tatsächlichen Gruppenleistung geführt haben könnte. Bei einem Vergleich des zeitlichen Verlaufs der Gruppen-Mittelwerte zeigt sich zwar ein Unterschied zwischen Analyse-Population und ANOVA-Population (Abbildung 11 und Abbildung 12), allerdings sind beide Trendverläufe über die Messpunkte hinweg identisch. Für die deskriptive Analyse der sekundären Endpunkte wurde dagegen die Analyse-Population verwendet.

Ein weiterer Einfluss auf das Ergebnis könnte die Auswahl der analysierten Probanden sein. Aufgrund der Datenmenge wurden nur Studierende in die Auswertung eingeschlossen, die auch am letzten Messpunkt teilgenommen hatten. Durch diese Entscheidung wurden in der Interventionsgruppe 39, in der ersten Kontrollgruppe 74 und in der zweiten Kontrollgruppe 131 Datensätze nicht berücksichtigt. Der Datensatz ähnelt damit insgesamt einer Per-Protocol-Analyse, wenn auch nicht vollständig. Dem Vorteil eines besser messbaren Effektes (hohe interne Validität) steht der Nachteil einer Verzerrung des Effektes und dementsprechend einer niedrigeren externen Validität gegenüber. Durch die geringere Probandenzahl lassen sich die hier beobachteten Effekte schlechter auf andere Studierende übertragen. Für eine vollständige Auswertung der Daten könnten die restlichen 244 Datensätze für eine Intention-to-treat-Analyse aller Gruppen ergänzt werden. Der Vorteil wäre eine bessere Vergleichbarkeit der Gruppen mit dem Grundkollektiv bei gleichzeitig homogenerem Datensatz innerhalb der Gruppen.

5.2 Ergebnisdiskussion

5.2.1 Diskussion des primären Endpunktes

In dieser Studie liegt der Gesamt-Score Mittelwert der Interventionsgruppe im Verlauf stets zwischen dem der Kontrollgruppen ILS-1 und ILS-2. Es kann also kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppenmittelwerten festgestellt werden (H_{01} : $p = 0,97$; $\alpha = 0,05$). Jedoch fällt der Gesamt-Score der Gruppen bereits präinterventionell unterschiedlich aus, weswegen von einem Selektionsbias ausgegangen werden muss. Die Gruppenzusammensetzung könnte sich aufgrund der verwendeten Zuteilungsmethode (Kapitel 5.1.1) stark unterscheiden und so nicht nur die Ausgangswerte, sondern auch den Verlauf der Mittelwerte beeinflusst haben. Eine detailliertere Analyse der Studierenden würde dabei helfen diese Unterschiede in der Ergebnisauswertung und -interpretation zu berücksichtigen. Im Verlauf zeigen alle Interventionen einen positiven Einfluss auf den Gesamt-Score (H_{02} : $p = 0,01$; $\alpha = 0,05$). Während der Effekt in der Kontrollgruppe ILS-1 über die Intervention (MP1 zu MP2) am stärksten ausfiel, erreichten Interventionsgruppe und Kontrollgruppe ILS-2 den größten Anstieg des Gesamt-Scores zum dritten postinterventionellen Monat (MP2 zu MP3). Der Trendverlauf der Mittelwerte des Gesamt-Scores fällt unterschiedlich aus: SSL und ILS-1 zeigen einen Anstieg der Ergebnisse bis zum dritten Monat nach Intervention, auf den ein Abfall der Werte zum sechsten Monat nach Intervention folgt. Dagegen verbessert sich ILS-2 stetig im Verlauf, auch nach 3 und 6 Monaten steigert sich der erreichte Gesamt-Score. Damit legen die Ergebnisse dieser Arbeit eine höhere Nachhaltigkeit der Reanimationsfähigkeiten für ILS-2 gegenüber der SSL und ILS-1 nahe. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant (H_{03} : $p = 0,04$; $\alpha = 0,05$). Ein eintägiger ILS-Kurs scheint die Qualität von Reanimationsmaßnahmen nachhaltiger zu beeinflussen als das Lehren von Reanimationsmaßnahmen oder der Besuch eines dreitägigen ILS-Kurses.

In einer Studie aus 2016 schnitten Studierende, die einen CPR-Instruktorenkurs besucht und eine Unterrichtsstunde an einer Schule abgehalten hatten, in einem anschließenden BLS-Szenario besser ab als die Kontrollgruppe ohne Intervention.⁶⁷ Trotz einer fehlenden Zeitangabe zwischen Intervention und Testung stützen diese Ergebnisse die Resultate dieser Arbeit, die einen positiven Effekt des Peer Teachings auf die BLS-Fähigkeiten der Studierenden nahelegen. Mit einem durchschnittlichen Ergebnis von 40 % liegen die Werte der Studie allerdings unter denen aus dieser Arbeit.⁶⁷ Dies könnte auf die kürzere Interventionsdauer in der Studie zurückzuführen

sein (1 vs. 10 Unterrichtseinheiten). Demnach wären mehr Unterrichtseinheiten für lehrende Studierende wertvoll, um ihre eigenen BLS-Fähigkeiten zu verbessern. Wie die optimale Dauer oder Anzahl an Unterrichtsstunden wäre, um den größtmöglichen positiven Effekt zu erzielen, müssten weitere Untersuchungen zeigen. Neben dem positiven Einfluss des Unterrichtens auf die Studierenden selbst sind solche Lehrformate zusätzlich in der Lage große Projekte wie Kids Save Lives zur Förderung der Breitenausbildung zu unterstützen. Medizinstudierende sind nahezu in jedem Land verfügbar und können als weniger kostenintensive Alternative zu ärztlichen Instruktoren weltweit eingesetzt werden, womit sie einen wichtigen Beitrag zu den internationalen Bestrebungen zur Verbesserung der Ersthelfer-Reanimation leisten.⁶⁷

Eine neuere südamerikanische Studie zeigte in Einklang mit früheren Publikationen zu Laien und Fachpersonal eine geringe Nachhaltigkeit von BLS-Fähigkeiten auch bei Medizinstudierenden.⁷⁶ Mit einem Verlust von 38 % fällt die Kompetenzabnahme jedoch fiel deutlicher aus als die Ergebnisse in dieser Arbeit, bei der ein maximaler Kompetenzverlust von etwa 10 % festgestellt werden konnte (ILS-1, MP2 zu MP4). Die Trainingsdauer scheint hierbei keine Rolle zu spielen, da sie mit 40 Stunden in der Studie etwa das Drei- bis Fünffache der Interventionen aus dieser Arbeit betrug. Ein entscheidender Unterschied ist jedoch der Zeitpunkt der Interventionen im Rahmen des Studiums. Während sich die Studierenden in der Studie im ersten Studienjahr befanden, waren die Probanden in der vorliegenden Arbeit bereits im siebten bis neunten Fachsemester und damit im klinischen Abschnitt ihrer Ausbildung. Es ist davon auszugehen, dass auch im Curriculum des südamerikanischen Medizinstudiums in den ersten Semestern vor allem naturwissenschaftliche Grundlagenfächer (Biologie, Chemie, Physiologie, Anatomie etc.) vermittelt werden. Diese sind nicht nur inhaltsreich, sondern auch lernintensiv. Dementsprechend lag der Fokus der Studierenden in diesem Abschnitt des Studiums vermutlich eher auf dem Lernen und Bestehen dieser Fächer. Nicht prüfungsrelevante Kurse wie ein BLS-Training würden dadurch in den Hintergrund rücken und beim Kompetenzerwerb und -erhalt für Studierende in diesen Momenten eine untergeordnete Rolle spielen. Das lässt darauf schließen, dass auch der Moment der Vermittlung von BLS-Fähigkeiten im Rahmen des Medizinstudiums einen entscheidenden Einfluss auf die Nachhaltigkeit der erworbenen Kompetenzen hat. Möglicherweise sind BLS-Kurse im späteren Studienverlauf sinnvoll, da sie einerseits in die klinische Ausbildung integriert werden und Studierende bereits auf praktische Erfahrungen zurückgreifen können. Ein Vergleich der Nachhaltigkeit zweier BLS-Kurse im frühen und späten

Studienverlauf wäre ein interessanter Ansatz, dieser Fragestellung weiter nachzugehen.

Die Autoren der Studie greifen eine weitere interessante Frage bei der Lehre von Reanimationsmaßnahmen auf, auf die bereits in früheren Studien hingewiesen worden ist: Inwieweit korreliert die Leistung einer Person an einem BLS-Trainingsgerät mit der BLS-Leistung in einer realen Situation? Hat das Training von Studierenden letztlich einen Einfluss auf das Überleben von Patienten mit Herzkreislaufstillständen?⁷⁶ Diese Annahme ist Grundlage aller Lehrmethoden von BLS-Maßnahmen, konnte bisher allerdings nicht bewiesen werden.^{49,50}

Einen weiteren Einflussfaktor auf die Nachhaltigkeit von BLS-Fähigkeiten untersuchte eine Publikation, bei der über 400 Studierende im fünften Studienjahr zu verschiedenen Zeitpunkten nach einem BLS-Kurs einen Abschlusstest absolvierten.⁶⁶ In der Studie zeigte die Gruppe mit dem Abschlusstest nach 2 Monaten eine signifikant bessere Nachhaltigkeit nach 5 Monaten als die Gruppen ohne bzw. mit unmittelbarem Abschlusstest 2 Monate nach dem Kurs. In dieser Studie erhielt die Interventionsgruppe keinen Abschlusstest. In den Kontrollgruppen dagegen konnten die Studierenden sich freiwillig dazu entscheiden, gegen eine ermäßigte Kursgebühr, einen Abschlusstest unmittelbar nach dem Kurs zu durchlaufen, um ein gültiges ILS-Zertifikat zu erhalten. Ob dieser Unterschied einen Einfluss auf die Nachhaltigkeit der Studierenden in dieser Arbeit hatte, bleibt offen, wenngleich die oben genannte Studie keinen Unterschied bei der Nachhaltigkeit zwischen Studierenden fand, die einen unmittelbaren oder gar keinen Abschlusstest absolvierten. Interessant wäre eine Wiederholung dieser Arbeit mit festgelegten Abschlussprüfungen der Gruppen im späteren Verlauf nach den Kursen. Da „der Zeitpunkt der Prüfung die Beibehaltung der Kenntnisse bei Medizinstudierenden im fünften Jahr beeinflusst“, stellt sich die Frage, ob es sinnvoll ist, solche Kurse an den Anfang des Semesters zu stellen, um mit einer Abschlussprüfung am Ende eines Semesters eine höhere Nachhaltigkeit zu erzielen.⁶⁶ Die Nachhaltigkeit von BLS-Fähigkeiten könnte durch eine spätere Abschlussprüfung nach dem Kurs verbessert werden.⁶⁶

Feedback spielt beim Lernen eine entscheidende Rolle.³⁴ Eine Studie, die professionelles Instruktoren-Live-Feedback mit Peer-Video-basiertem Feedback verglich, konnte keinen Nachteil der Peer-basierten Methode finden.⁶⁸ Auch in den Gruppen dieser Arbeit erhielten die Studierenden Feedback. In den Kontrollgruppen gab es fortlaufendes Feedback durch die anwesenden Instruktoren, die dabei auch auf

visuelle Drucktiefe-, Kompressionsfrequenz- und Beatmungsanzeigen der Trainingsgeräte zurückgreifen konnten. Dagegen waren die Studierenden der Interventionsgruppe selbst in der Situation den Schülerinnen und Schülern Feedback bei den Übungen in den Klassen zu geben, wobei ihnen ebenfalls eine visuelle Anzeige für Drucktiefe, Kompressionsfrequenz und Beatmungen zur Verfügung stand. Außerhalb des Unterrichts wurde außerdem darauf geachtet, dass die Studierenden sich vorrangig untereinander Feedback gaben. Die Ergebnisse der Gesamtauswertung dieser Arbeit kommen zu einem ähnlichen Ergebnis: Auch wenn sich kein Vorteil der Peer-Gruppe abzeichnete, konnte kein Nachteil der Peer-basierten Methode festgestellt werden.

In der Studie, die als Vorbild für diese Arbeit gesehen werden kann und bei der ebenfalls das Unterrichten von Reanimationsmaßnahmen mit Reanimationstraining und notfallmedizinischer Erfahrung verglichen worden ist, schnitten lehrende Studierende im praktischen Test nach 2 bis 3 Wochen dagegen signifikant besser als die Kontrollgruppen ab.⁵¹ Nicht nur der Unterschied zwischen den Gruppen fiel anders aus, auch insgesamt schnitten die Gruppen mit ihren erreichten Werten in der Studie besser ab als die Gruppen in dieser Arbeit (Median: etwa 80 vs. 60 %). Ein Grund für die unterschiedlichen Ergebnisse könnte die Gruppengröße sein, die mit 56 bis 71 ausgewerteten Studierenden pro Gruppe höher ausfiel als in dieser Arbeit. Dadurch ist ein homogenerer Datensatz der Studie mit insgesamt besserem Ergebnis denkbar. Darüber hinaus war die Drop-Out-Rate niedriger, was unter anderem daran gelegen haben könnte, dass Intervention und Testung innerhalb von 2 bis 3 Wochen abgeschlossen waren. Dies könnte die Studierenden einerseits motiviert haben dem Studienprotokoll treu zu bleiben, während es auf der anderen Seite zu besseren Ergebnissen geführt haben könnte. Durch die lange Laufzeit des Studiendesigns dieser Arbeit könnte sowohl die Drop-Out-Rate gestiegen als auch das Engagement der Studierenden abgenommen haben, was sich negativ auf die Ergebnisse ausgewirkt haben könnte. Ein weiterer Unterschied zwischen beiden Arbeiten liegt im Studiendesign. Während die Interventionen in dieser Arbeit an einem Stück durchgeführt worden sind, wurden die Interventionen der Studie aufgeteilt: Nach einem ersten Block mit grundlegendem Training wurde ein bis 2 Wochen später ein zweiter Block angeschlossen. Durch das zweizeitige Studiendesign kommt es vermutlich zu einer tiefergehenden Kompetenzvermittlung als bei einer einzeitigen Intervention ohne Wiederholung. Letztendlich kann die Frage warum Studierende, die Reanimationsmaßnahmen unterrichteten, in dieser Arbeit nicht signifikant besser

abschnitten als Studierende, die lediglich an einem Reanimationskurs teilnahmen, nicht abschließend geklärt werden. Die Autoren der Studie von 2007 betonen jedoch, dass die Erfahrung als „authentische, kompetente Lehrende“ für die Praxis eines jeden Mediziners in seiner späteren Laufbahn von Wert sein könne.⁵¹ Diese These wird aus Beobachtungen einer Studie unterstützt, die die Lehrfähigkeiten nach Peer Teaching untersuchte.⁶⁷ Allerdings ist nicht nur die Weitergabe von Wissen für Lernende wichtig, sondern auch die Vermittlung von Wissen über Krankheiten und Behandlungen für Patienten. Diese Fähigkeit ist für alle Ärztinnen und Ärzte ein wichtiger Bestandteil ihres Berufsalltags und könnte durch Unterrichtsmethoden wie das Peer Teaching weiter gefördert werden.

5.2.2 Diskussion der sekundären Endpunkte

5.2.2.1 Flow-Zeit (Kompressionsfraktion)

Der Anteil der Flow-Zeit (die Kompressionsfraktion) bleibt innerhalb und im Vergleich der Gruppen konstant und lässt keinen Einfluss der Interventionen auf diesen Parameter erkennen. Allerdings zeigen die Probanden bereits vor Interventionsbeginn mit einer Kompressionsfraktion von etwa 70 % ein gutes Niveau und liegen dabei nur etwa 10 % unter dem erwartbaren Maximalwert (Kapitel 3.7.3.1). Die durchschnittliche Beatmungspausenzeit verbessert sich in allen Gruppen durch die Interventionen um etwa eine Sekunde und nahm nach 3 und 6 Monaten wieder zu, bleibt aber unter den Ausgangswerten der Gruppen. Eine eindeutige Verbesserung der Flow-Zeit bleibt dadurch jedoch aus (die maximale Verbesserung betrug 3,3% bei ILS-1). Ein Grund hierfür könnte eine höhere Kompressionsfrequenz sein, die sich beispielsweise bei ILS-2 findet. Dadurch werden bei kürzeren Zykluszeiten mehr Beatmungen durchgeführt, weswegen die Flow-Zeit trotz kürzerer Beatmungspausenzeit konstant geblieben sein könnte. Warum die Interventionen insgesamt keinen deutlicheren Einfluss auf die Flow-Zeit hatten und diese trotz Verbesserung der Beatmungspausenzeit konstant blieb muss offenbleiben.

Eine Studie aus Deutschland zeigte über 5 Jahre hinweg eine signifikante konstante Verbesserung der Kompressionsfraktion von Klinikpersonal bei IHCA durch jährliches Reanimationstraining von 45 % zu 70 %.³⁹ Im Unterschied zu dieser Arbeit wurden in der Studie die Flow-Zeiten bei tatsächlichen Reanimationen gemessen. Dies greift wieder die Frage nach der Korrelation von Reanimationsfähigkeiten in einer Übungssituation an einem Trainingsmodell mit der tatsächlichen Leistung in einer

realen Reanimationssituation auf. Die reale Situation mit der Gefahr eines tödlichen Ausgangs für den Patienten könnte die Motivation für eine Verbesserung der Kompressionsfraktion gewesen sein. Interessant wäre beispielsweise eine Fall-Kontroll-Studie, die retrospektiv die erreichte Leistung von Probanden bei realen Reanimationssituationen, nicht nur für die Kompressionsfraktion, mit einer vorherig erbrachten Leistung an einem Trainingsgerät vergleicht. Möglicherweise ließe sich hieraus eine Korrelation ableiten. Das Klinikpersonal erreichte insgesamt erst im fünften Jahr eine vergleichbare Kompressionsfraktion der Studierenden aus dieser Arbeit von etwa 70 %. Dennoch zeigte sich in der Studie der positive Effekt von kontinuierlichem Training auf einen wichtigen Parameter der Reanimation.

Auch wenn es über die Interventionen keine signifikante Verbesserung der Flow-Zeit gegeben hat, muss die Frage gestellt werden, ob eine weitere Erhöhung der Kompressionsfraktion nicht nur möglich, sondern auch sinnvoll ist. Bei einer Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Kompressionsfraktion und Überleben beim OHCA gingen selbst höhere Kompressionsfraktionen von über 80 % nicht mit einem erhöhten Überleben einher.³⁸ Das höchste Überleben zeigten Patienten, die mit einer Kompressionsfraktion von 61 bis 80 % reanimiert wurden. Mehr als dreiviertel der Ergebnisse der Studierenden befanden sich innerhalb dieses Bereiches.

Insgesamt entsprachen die Probanden vor und nach den Interventionen der ERC-Leitlinie und den ILCOR-Empfehlungen mit Beatmungspausenzeiten von weniger als 10 Sekunden und einer Kompressionsfraktion von über 60 %.^{31,33,35}

5.2.2.2 Thoraxkompressionen (Frequenz, Tiefe, Entlastung)

Bei den Thoraxkompressionen zeigt sich lediglich für die Kompressionsfrequenz eine eindeutige Verbesserung der Studierenden in allen Gruppen über die Intervention. In Interventions- sowie erster Kontrollgruppe verbessern sich die Probanden bei der Kompressionsfrequenz um etwa 20 % und in der zweiten Kontrollgruppe um etwa 15 %. In allen Gruppen hält dieser Effekt auch nach sechs Monaten noch an. Dies legt einen positiven Einfluss der Interventionen auf diesen Parameter mit hoher Nachhaltigkeit nahe. Insgesamt liegt die zweite Kontrollgruppe allerdings etwa 20 % unter den beiden anderen Gruppen. Ein Grund hierfür könnte der bereits angesprochene Selektionsbias (Kapitel 5.1.1 und Kapitel 5.2.1) bzw. der Ausgangsunterschied der Gruppen sein (Abbildung 11 und Abbildung 12), da Studierende, die bereits Reanimationserfahrung gesammelt oder berufsbedingt

regelmäßig an Reanimationstraining teilgenommen hatten, eine sicherere Kompressionsfrequenz in der Studie gezeigt haben könnten. Auch hier wäre eine Auswertung der Berufsqualifikation in den Selbsteinschätzungsbögen für eine weitere Interpretation der Ergebnisse aufschlussreich. Die durchschnittliche Kompressionsfrequenz aller Gruppen befindet sich im Studienverlauf innerhalb des empfohlenen Referenzbereich von 100 bis 120 Kompressionen min^{-1} und zeigt damit ein zufriedenstellendes Ergebnis.

Die Einhaltung des Referenzbereiches bei der Kompressionstiefe (5 bis 6 cm) fällt den Studierenden schwerer als bei der Kompressionsfrequenz: Nur etwa 20 % aller Thoraxkompressionen werden im Gesamtdurchschnitt mit der korrekten Drucktiefe ausgeführt. Dagegen werden etwa 75 % mit zu hoher Drucktiefe durchgeführt. In Interventions- und erster Kontrollgruppe erhöht sich die durchschnittliche Drucktiefe zusätzlich im Messverlauf, während sie in der zweiten Kontrollgruppe etwas abnimmt, jedoch weiterhin über dem Referenzbereich liegt (Abbildung 18). Damit einhergehend zeigt sich eine Verschlechterung bei der Bewertung der Kompressionstiefe in den erstgenannten Gruppen, wohingegen sich die zweite Kontrollgruppe zu MP3 und MP4 verbessern kann. Die Nachhaltigkeit bei der Kompressionstiefe scheint damit in der Interventions- und der ersten Kontrollgruppe geringer auszufallen als in der zweiten Kontrollgruppe. Eine Erklärung für den geringen Anteil an Kompressionen mit richtiger Drucktiefe und den hohen Anteil an Kompressionen mit zu hoher Drucktiefe könnte das visuelle Feedback der verwendeten Trainingsgeräte sein. Im Standard-Bildschirm zeigt die Software der Laerdal-Geräte die Kompressionstiefe als Ausschlag zwischen vollständiger Brustwandentlastung (Nullpunkt) und Referenz-Drucktiefe an. So lassen sich Thoraxkompressionen, die nicht ausreichend tief sind, gut erkennen. Zu tief durchgeführte Thoraxkompressionen werden nicht extra angezeigt. Bei nicht ausreichender Drucktiefe hätten die Instruktoren den Studierenden entsprechendes Feedback gegeben und im Trainingsverlauf könnte sich so eine höhere (zu tiefe) Drucktiefe eingepreßt haben, die aufgrund der Anzeige nicht aufgefallen wäre. Möglicherweise ist bei dieser Art des Feedbacks eine kürzere Trainingsdauer der zweiten Kontrollgruppe gegenüber den beiden anderen Gruppen von Vorteil. Die Frage, warum die zweite Kontrollgruppe bei der Drucktiefe nach 3 und 6 Monaten besser abgeschnitten hat, kann letztendlich nicht beantwortet werden.

Ähnlich wie bei der Flow-Zeit erzielen die Studierenden bei der Kompressionsentlastung bereits vor den Interventionen sehr gute Ergebnisse mit Werten von über 85 %. In der ersten Kontrollgruppe könnte man aufgrund der Verbesserungen bis MP3 einen positiven Einfluss auf die Kompressionsentlastung vermuten. In der Interventionsgruppe scheint die Intervention dagegen sogar einen negativen Effekt auf die Kompressionsentlastung zu haben. Die ausreichende Entlastung der Thoraxkompressionen spielt bei der professionellen Reanimation eine wichtige Rolle, so sollen sich die Herzkammern ausreichend mit Blut füllen können. Dagegen könnte dieser Aspekt in der Laienreanimation bei den studentischen Ausbildern eine untergeordnete Rolle gespielt haben: Die Bereitschaft von Schülerinnen und Schülern eine Reanimation durchzuführen und das grobe Wissen um Ablauf und Durchführung von Thoraxkompressionen sowie Beatmungen könnten für die Studierenden bereits ein zufriedenstellendes Ergebnis gewesen sein. Hier wäre eine Befragung der Studierenden zu ihren Erwartungen zu dem Wissen und den Fähigkeiten von Laienhelfern bzw. Schülerinnen und Schülern interessant. Möglicherweise könnten diese Ergebnisse die Theorie stützen, dass dieser Parameter bei der Ausbildung von Laien nicht im Vordergrund steht und sich daher auch negativ auf die anschließend ermittelte Leistung der Studierenden ausgewirkt haben könnte.

Eine chinesische Studie wies nicht nur einen positiven Effekt von Thoraxkompressions-Training auf Kompressionsfrequenz, -tiefe und -entlastung bei Probanden mit und ohne audiovisuellem Feedback nach, sondern auch den Verlust dieser Fähigkeiten nach 3 und nach 12 Monaten.⁴¹ Ein ähnliches Ergebnis zeigte eine weitere Studie mit einer Abnahme von 48 % bei der Qualität der Thoraxkompressionen im Verlauf von 12 Monaten.⁶ Der in den Studien beobachtete positive Einfluss der Interventionen auf diese Parameter lässt sich in dieser Arbeit nur für die Kompressionsfrequenz in allen Gruppen und die Kompressionstiefe sowie Entlastung ausschließlich bei der ersten Kontrollgruppe nachvollziehen. Die Kontrollgruppen dieser Arbeit waren als klassische Reanimationskurse denen der Studie ähnlich, wohingegen sich die Interventionsgruppe von den Interventionen der Studien durch das Peer Teaching grundsätzlich unterschied. Daher könnte der Unterschied zu den Ergebnissen der Interventionsgruppe dieser Arbeit auf die andere Lehrmethode zurückzuführen sein. Möglicherweise ist Peer Teaching bei der Vermittlung dieser Parameter gegenüber dem herkömmlichen Lernen als Kursteilnehmer im Nachteil. Warum allerdings die zweite Kontrollgruppe keine signifikanten Verbesserungen über die Intervention bei Kompressionstiefe und Entlastungen zeigte, muss offenbleiben.

Die schlechtere Nachhaltigkeit bei Frequenz und Entlastung in den Studien könnte dagegen auf die Trainingsdauer zurückzuführen sein, die mit 45 Minuten bzw. 4 Stunden kürzer ausfiel als die Übungszeit in den Interventionen dieser Arbeit.^{6,41} möglicherweise ist ein längeres Training mit einer höheren Nachhaltigkeit verbunden. Zumindest vermuteten die Autoren, dass mehr Training die Qualität von Thoraxkompressionen verbessern könnte.⁴¹ Passend dazu zeigte sich ein Gesamtunterschied von 20 % bei der Kompressionsfrequenz zwischen ILS-2 und den anderen Gruppen. Die kürzere Trainingsdauer in der zweiten Kontrollgruppe (1 Tag (ILS-2) vs. 3 Tage (ILS-1) und 4 Tage (SSL)) könnte das schlechtere Ergebnis erklären: Den Probanden blieb weniger Zeit, die richtige Kompressionsfrequenz zu verinnerlichen.

Neben längerer Trainingsdauer könnte der Einsatz eines Metronoms beim Training ein weiterer Ansatz zur Erhöhung der Sicherheit bei der Kompressionsfrequenz sein.⁶⁸ Allerdings lässt sich im Vergleich der Interventionsgruppe mit der ersten Kontrollgruppe kein Vorteil eines Metronom-Äquivalentes erkennen (in der Interventionsgruppe durch die abgespielte Musik während der Unterrichtseinheiten). Weitere Studien wären interessant, um den Einfluss von Musik oder eines Metronoms auf die Kompressionsfrequenz-Sicherheit der Probanden zu untersuchen.

Bei einer Untersuchung des Einflusses eines AHA-BLS-Kurses auf die Fähigkeiten von Medizinstudierenden konnte nach dem Training eine hohe Leitlinientreue von über 70 % für Kompressionsfrequenz, -tiefe und -entlastung festgestellt werden.⁷⁵ Auch wenn die Ergebnisse von Kompressionsfrequenz und -entlastung (78 % und 88 %) dieser Leitlinientreue entsprechen, weicht der niedrige Anteil an Kompressionen mit richtiger Tiefe (21 %) stark davon ab. Die Autoren der Studie legten allerdings für die Drucktiefe nur untere Grenzwerte fest, sodass Kompressionen über 6 cm ebenfalls als korrekt erfasst wurden.⁷⁵ Die überwiegende Mehrheit der Kompressionen in dieser Arbeit wurde zu tief ausgeführt (76 %) und dementsprechend als falsch eingestuft. Addiert man diesen Anteil auf die 21 %, ist das Ergebnis dem aus der Studie ähnlich. Trotzdem identifizierten die Autoren die Kompressionstiefe als schwächste BLS-Fähigkeit bei Studierenden und empfahlen eine Verbesserung der Vermittlung dieser Fähigkeit in BLS-Schulungen.⁷⁵ Mit den hier dargestellten Defiziten bei der Kompressionstiefe, schließt sich diese Arbeit der Empfehlung der Autoren an. Es stellt sich die Frage, ob diese Unsicherheit bei der Drucktiefe auch auf medizinisches Personal oder gar ein größeres Kollektiv übertragbar ist. Hier läge dann ein Ansatz zur

Verbesserung der Qualität von Thoraxkompressionen, durch gezieltes Schulen der richtigen Drucktiefe. Wie ein solches Training aussehen könnte, müssten weitere Untersuchungen zeigen.

Insgesamt konnte bei der Kompressionsfrequenz durch die Interventionen eine deutliche Verbesserung erreicht werden, die auch nach sechs Monaten noch anhielt. Die Kompressionsentlastungen waren vor und nach den Interventionen auf einem guten Niveau. Bei diesen Parametern entsprach die Leistung größtenteils der ERC-Leitlinie und den ILCOR-Empfehlungen mit Kompressionsfrequenzen von 100 bis 120 Kompressionen min^{-1} und einer vollständigen Brustwandentlastung zwischen den Kompressionen.^{31,33,36} Einzig die Kompressionstiefe bereitete allen Studierenden erhebliche Probleme, die den empfohlenen Bereich von 5 bis 6 cm nur bei einem Fünftel der Kompressionen einhalten konnten.^{31,33,36}

5.2.2.3 *Beatmung (Effektivität, Volumen)*

Insgesamt sind in dieser Arbeit etwa 54 % aller Beatmungen erfolgreich. Die Interventionsgruppe schneidet dabei etwa 10 % besser als die Kontrollgruppen ab. Nur etwa 20 % aller Studierenden erreichen dagegen ein ausreichendes Beatmungsvolumen. Ein Drittel aller Beatmungen hat ein ausreichendes Beatmungsvolumen, wohingegen mehr als die Hälfte ein zu geringes Volumen aufweisen. Interessanterweise führen die Studierenden der zweiten Kontrollgruppe mehr als drei Mal so viele Beatmungen mit zu hohem Volumen durch als in den beiden anderen Gruppen. Beide Kontrollgruppen können Beatmungseffektivität und Beatmungsvolumen über die Interventionen verbessern. Bei der ersten Kontrollgruppe zeigt sich eine Verbesserung auch nach 3 Monaten, in der zweiten Kontrollgruppe sogar noch nach 6 Monaten. Dagegen verbessern sich beide Parameter in der Interventionsgruppe erst nach 3 Monaten und nicht so ausgeprägt. Dies könnte einerseits darauf zurückzuführen sein, dass die Studierenden der Interventionsgruppe durch das Unterrichten weniger praktisch arbeiteten und dadurch weniger effektive Übungszeit hatten als die Studierenden der Kontrollgruppen. Andererseits wurde in den Kontrollgruppen ein Workshop zum Thema Atemwegsmanagement durchgeführt, der zu einer Sensibilisierung für Beatmungseffektivität und -volumen bei den Studierenden geführt haben könnte. Dieser Unterschied im Kursinhalt könnte den Vorteil der Kontrollgruppen gegenüber der Interventionsgruppe erklären. Trotzdem muss berücksichtigt werden, dass die Interventionsgruppe bereits vor den

Interventionen eine Beatmungseffektivität von 60 % aufzeigt, wohingegen das Ausgangsniveau in beiden Kontrollgruppen bei etwa 40 % liegt. Somit könnte eine Verbesserung bei niedrigerem Ausgangsniveau einfacher sein als in der Interventionsgruppe. Neben einem tatsächlichen positiven Einfluss der Interventionen auf die Beatmungsparameter kommt ein Lern-Effekt außerhalb der Interventionen für die Verbesserungen im Messverlauf in Betracht: Das verwendete Trainingsgerät für die Aufzeichnungen ermöglichte eine effektive Beatmung nur bei ausreichender Kopfüberstreckung. Dadurch waren bei nicht adäquater Kopfüberstreckung entweder keine oder nur Beatmungen mit geringem Volumen möglich. Hatten anfänglich noch viele Studierende Probleme damit und schafften es überhaupt nicht zu beatmen, könnten sie sich mit der Zeit an die Eigenarten des Gerätes angepasst und so eine bessere Leistung im Verlauf erzielt haben.

Eine Abnahme der Beatmungseffektivität und des Beatmungsvolumens nach den Interventionen ist nur in der Interventionsgruppe und der ersten Kontrollgruppe nach sechs Monaten festzustellen. Dies lässt auf eine geringe Nachhaltigkeit der beiden Gruppen bei diesen Parametern schließen. Warum sich die zweite Kontrollgruppe dagegen noch deutlich zu MP4 verbessert, kann nicht beantwortet werden. Der Kursinhalt samt Atemwegsmanagement-Workshop unterschied sich nicht zu dem der ersten Kontrollgruppe.

In einer randomisierten kontrollierten Studie zeigte das Peer Teaching einen signifikant positiven Einfluss auf die Effektivität der Beatmung von Studierenden.⁶⁷ Diese konnte dadurch von 60 auf 80 % gesteigert werden.⁶⁷ Dagegen verbesserte die Interventionsgruppe in dieser Arbeit ihre Beatmungseffektivität nicht direkt, sondern erst nach 3 Monaten und dabei nur um etwa 10 %. Die Studierenden aus der Studie befanden sich bereits im Praktischen Jahr, wohingegen die Studierenden dieser Interventionsgruppe aus den Fachsemestern sieben bis neun, vor dem Praktischen Jahr, rekrutiert worden sind. Die besseren Ergebnisse der Studierenden aus der Studie könnten daher auf eine höhere praktische Erfahrung im Rahmen des Praktischen Jahres zurückzuführen sein, die den Studierenden der Interventionsgruppe fehlte. Ebenso wie in dieser Arbeit wurden die Studierenden für die Studie auf freiwilliger Basis rekrutiert. Dadurch könnten Studierende mit Interesse für Notfallmedizin oder Anästhesie, die gegebenenfalls ihr Wahltertial in der Anästhesie absolviert hätten, eher an der Studie teilgenommen und so die Ergebnisse verzerrt haben. Interessant wäre

daher weitere Aufschlüsselung der Studierenden nach Wahltertialen bzw. persönlichen Interessen.

Bei einer Betrachtung der BLS-Ausbildung an einer medizinischen Hochschule führte der Unterricht gemäß AHA-Leitlinie zwar ebenfalls zu einer effektiven Beatmung, mit acht von zehn erfolgreichen Beatmungen, doch diese wurden nur in 44 % der Fälle mit ausreichendem Volumen durchgeführt, während 12 % zu hoch und 41 % zu niedrig waren.⁷⁵ Damit sind diese Ergebnisse kongruent zu denen aus dieser Arbeit, bei der ebenfalls ein großer Teil der Beatmungen mit zu geringem Volumen und nur ein kleiner Teil mit zu hohem Volumen durchgeführt worden ist. Anders als in dieser Arbeit jedoch führten die Studierenden die meisten Beatmungen mit richtigem Volumen durch und erreichten eine Beatmungseffektivität von 80 %. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Studierenden der Studie zur Beatmung eine Beutel-Maske-System benutzten, weswegen die Vergleichbarkeit bei unterschiedlichen Beatmungsmethoden eingeschränkt ist. Außerdem wurde die Datenerfassung in der Studie auf einem anderen Trainingsgerät (Laerdal ResusciAnne QCPR) durchgeführt, welches sich im Vergleich zu dem in dieser Arbeit verwendeten Gerät (AmbuMan Wireless) einfacher beatmen ließ. Die in den Interventionen verwendeten Trainingsgeräte (Laerdal ResusciAnne QCPR und Laerdal ResusciAnne Advanced) ließen sich ebenfalls auch bei nicht so strenger Reklination des Kopfes effektiv beatmen. Da die Geräte für die Datenerfassung schwerer zu beatmen waren, hätte dies zu einem Leistungsverlust der Studierenden bei den Datenerfassungen beitragen können. Für weiteres Training oder Folge-Studien wäre ein einheitliches Material zur Ausbildung und Aufzeichnung sinnvoll.

Weitere Schwierigkeiten von Studierenden bei der Mund-zu-Mund-Beatmung deckte eine Studie auf, die eine hohe inter- und intraindividuelle Variabilität bei Beatmungsfrequenz und -volumen zeigen konnte.⁴⁷ Dies deckt sich mit Beobachtungen in dieser Arbeit: Studierende zeigten im Verlauf hohe Schwankungen für beide Beatmungsparameter und selten einen konstanten Verlauf. Es gab deutliche interindividuelle Unterschiede mit positiven Ausreißern, die auf mögliche Vorerfahrungen im Bereich Rettungsdienst/Gesundheitswesen zurückführbar sein könnten. Allerdings ist eine Einschätzung der individuellen Leistung bei gepoolten Daten schwierig.⁴⁷ Hierfür wäre eine detailliertere Fall-Analyse der Daten erforderlich.

Als angehendes Fachpersonal liegt der Schwerpunkt in der Reanimationslehre nicht auf der Mund-zu-Mund-Beatmung, sondern eher auf erweitertem Atemwegsmanagement wie der Verwendung eines Beutel-Maske-Systems. Dennoch können diese Ergebnisse einen Anstoß dazu liefern, sich über Ausbildungskonzepte Gedanken zu machen, die auch die Mund-zu-Mund-Beatmung berücksichtigen. Vor allem die ausreichende Kopfüberstreckung für eine effektive Beatmung wurde von vielen Studierenden nicht konsequent durchgeführt. Dabei ist diese Technik auch für die Verwendung eines Beutel-Maske-Systems wichtig.

Die Ergebnisse bei der Beatmungseffektivität waren insgesamt befriedigend, auch wenn sie unter den Ergebnissen einer anderen Studie lagen.⁷⁵ Beim Erreichen eines ausreichenden Beatmungsvolumens zeigten sich größere Defizite im Einklang mit anderen Studienergebnissen. Von den empfohlenen 2 Beatmungen nach 30 Thoraxkompressionen führten die Studierenden im Schnitt eine erfolgreich durch.^{31,33,36} Die mehrheitlich zu niedrigen Beatmungsvolumina zeigen, bei nicht näher spezifiziertem Volumen in den Leitlinien, noch Verbesserungspotential.^{31,33,36}

6 Zusammenfassung

Der Herzkreislaufstillstand ist eine wichtige Entität für medizinisches Fachpersonal, sowohl außerklinisch als auch innerklinisch. Dementsprechend ist die Aus- und Weiterbildung des medizinischen Fachpersonals in Reanimationsmaßnahmen von essenzieller Wichtigkeit für eine gute Behandlung. Es gibt verschiedene Ansätze diese Kompetenzen zu vermitteln. In der vorliegenden Arbeit wurden zwei Lehrmethoden bei ihrer Anwendung an Medizinstudierenden und ihre Auswirkungen auf die BLS-Fähigkeiten der Studierenden untersucht. In der Interventionsgruppe (SSL) wurden Studierende der Humanmedizin während eines Wahlfaches zunächst selbst in BLS-Maßnahmen geschult, um im Anschluss daran Schüler der siebten Klassenstufe in diesen zu unterrichten. In den beiden Kontrollgruppen absolvierten die Studierenden dagegen einen ILS-Kurs mit Simulationstraining entweder über 3 Tage (ILS-1) oder über 1 Tag (ILS-2). Es wurden unmittelbar vor und nach den Interventionen sowie nach 3 und 6 Monaten Datenerhebungen durchgeführt, bei denen Parameter der Reanimation über ein Trainingsgerät aufgezeichnet und zu einem finalen Gesamt-Score addiert worden sind.

Für den primären Endpunkt wurden mit Hilfe einer Mixed Model ANOVA die Hypothesen getestet, ob ein statistisch signifikanter Unterschied 1. bei den über die Zeit gemittelten Gesamt-Score-Gruppenmittelwerten (H_{01}), 2. bei den über die Gruppen gemittelten Messpunktmittelwerten (H_{02}) und 3. bei der Wechselwirkung zwischen Gruppenzugehörigkeit und Messzeitpunkt (H_{03}) existiert. Während entgegen den Erwartungen kein statistisch signifikanter Unterschied der über die Zeit gemittelten Gruppenmittelwerte festgestellt werden konnte (H_{01} : $p = 0,97$; $\alpha = 0,05$) und die erreichten Gesamt-Score Ergebnisse aller Gruppen somit insgesamt nahe beieinander lagen, zeigte sich der Unterschied bei den über die Gruppen gemittelten Messpunktmittelwerten (H_{02} : $p = 0,01$; $\alpha = 0,05$) und der bei der Wechselwirkung zwischen Gruppenzugehörigkeit und Messzeitpunkt (H_{03} : $p = 0,04$; $\alpha = 0,05$) statistisch signifikant. Alle Interventionen scheinen ihre Funktion als Unterrichtsmethode für BLS-Maßnahmen bei Humanmedizin-Studierenden zu erfüllen: Sie verbesserten die BLS-Kompetenz der Studierenden bis zu einem Zeitpunkt von 3 Monaten nach den Interventionen. Dann zeigte sich erwartungsgemäß ein Abfall der BLS-Kompetenz bei Interventions- und erster Kontrollgruppe. Entgegen den Erwartungen konnte sich die zweite Kontrollgruppe nach 6 Monaten sogar weiter verbessern, was eine größere Nachhaltigkeit des eintägigen ILS-Kurses gegenüber den anderen beiden

Interventionen nahelegt. Allerdings ist auch hier langfristig eine Abnahme der BLS-Fähigkeiten anzunehmen.

Bei der Analyse der sekundären Endpunkte waren Flow-Zeit, Thoraxkompressionsfrequenz und Kompressionsentlastung die stärksten Parameter mit den durchschnittlich höchsten Ergebnissen aller Gruppen und Probanden. Daneben fiel auf, dass die Verbesserung der Thoraxkompressionsfrequenz bei allen Interventionen besonders nachhaltig zu sein scheint, da sie auch noch nach 6 Monaten nachweisbar war. Davon abgesehen bereitete das Einhalten der empfohlenen Thoraxkompressionstiefe (5 bis 6 cm) sowie das Erreichen eines ausreichenden Beatmungsvolumens (400 bis 800 ml) den Studierenden besondere Schwierigkeiten. Etwa 75 % aller Thoraxkompressionen sind mit zu hoher Drucktiefe durchgeführt worden und mehr als die Hälfte der Beatmungen wiesen ein zu geringes Volumen auf. Außerdem waren nur etwa 54 % aller Beatmungen überhaupt erfolgreich. Diese Ergebnisse stimmen mit den Beobachtungen anderer Arbeiten überein, die hier ebenfalls ein großes Verbesserungspotenzial sehen.⁷⁵

Insgesamt unterstützt diese Arbeit die bisherigen Empfehlungen zu Wiederholungs- und Auffrischkursen in kürzeren Abständen, um ein entsprechendes Kompetenz-Niveau zu halten. Die Forschung nach geeigneten Unterrichtsmethoden für eine nachhaltige Vermittlung von Basis-Reanimationsmaßnahmen im Humanmedizin-Studium sollte fortgesetzt werden. Auch wenn es wichtig erscheint, die effektivste und nachhaltigste Lehrmethode für die Vermittlung von BLS-Fähigkeiten zu finden, lässt sich Iwamis Schlussfolgerung (Kapitel 2.2.2.3) nachvollziehen und an dieser Stelle bekräftigen:^{44,45} Nicht die unterschiedliche Effektivität der Lehrmethoden sollte als wichtigste Erkenntnis herausgestellt werden, sondern die Tatsache, dass alle einen positiven Einfluss auf die BLS-Fähigkeiten der Studierenden zeigen. Die untersuchten Kursformate vermitteln erfolgreich die wichtigsten Grundlagen des BLS und stellen dadurch einen entscheidenden Baustein bei der effektiven Behandlung von Herzkreislaufstillständen durch angehende Ärzte dar.

7 Literaturverzeichnis

1. Geri G, Fahrenbruch C, Meischke H, et al. Effects of bystander CPR following out-of-hospital cardiac arrest on hospital costs and long-term survival. *Resuscitation* 2017;115:129-134. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2017.04.016.
2. Malta Hansen C, Kragholm K, Pearson DA, et al. Association of Bystander and First-Responder Intervention With Survival After Out-of-Hospital Cardiac Arrest in North Carolina, 2010-2013. *JAMA* 2015;314(3):255-64. DOI: 10.1001/jama.2015.7938.
3. Dowie R, Campbell H, Donohoe R, Clarke P. 'Event tree' analysis of out-of-hospital cardiac arrest data: confirming the importance of bystander CPR. *Resuscitation* 2003;56:173-181.
4. Bohn A, Van Aken HK, Mollhoff T, et al. Teaching resuscitation in schools: annual tuition by trained teachers is effective starting at age 10. A four-year prospective cohort study. *Resuscitation* 2012;83(5):619-25. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2012.01.020.
5. Jones I, Whitfield R, Colquhoun M, Chamberlain D, Vetter N, Newcombe R. At what age can schoolchildren provide effective chest compressions? An observational study from the Heartstart UK schools training programme. *BMJ* 2007;334(7605):1201. DOI: 10.1136/bmj.39167.459028.DE.
6. Smith KK, Gilcreast D, Pierce K. Evaluation of staff's retention of ACLS and BLS skills. *Resuscitation* 2008;78(1):59-65. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2008.02.007.
7. Saramma PP, Raj LS, Dash PK, Sarma PS. Assessment of long-term impact of formal certified cardiopulmonary resuscitation training program among nurses. *Indian J Crit Care Med* 2016;20(4):226-32. DOI: 10.4103/0972-5229.180043.
8. Benè KL, Bergus G. When learners become teachers: a review of peer teaching in medical student education. *Fam Med* 2014;46(10):783-7. (In eng).
9. Srivastava TK, Waghmare LS, Mishra VP, Rawekar AT, Quazi N, Jagzape AT. Peer Teaching to Foster Learning in Physiology. *J Clin Diagn Res* 2015;9(8):JC01-6. DOI: 10.7860/JCDR/2015/15018.6323.
10. Pschyrembel Klinisches Wörterbuch. In: Meinert T, Schäffler A, eds. *Klinisches Wörterbuch*. 267 ed: Berlin ; Boston : De Gruyter; 2017:XXII, 1993 Seiten.
11. Cummins RO, Chamberlain DA, Abramson NS, et al. Recommended guidelines for uniform reporting of data from out-of-hospital cardiac arrest: the Utstein Style. *Circulation* 1991;84(2):960-75. DOI: 10.1161/01.cir.84.2.960.
12. Cummins RO, Chamberlain D, Hazinski MF, et al. Recommended guidelines for reviewing, reporting, and conducting research on in-hospital resuscitation: the in-hospital 'Utstein style'. *Resuscitation* 1997;34(2):151-83. DOI: 10.1016/s0300-9572(97)01112-x.
13. Perkins GD, Jacobs IG, Nadkarni VM, et al. Cardiac Arrest and Cardiopulmonary Resuscitation Outcome Reports: Update of the Utstein

- Resuscitation Registry Templates for Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Resuscitation* 2015;96:328-40. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2014.11.002.
14. Nolan JP, Berg RA, Andersen LW, et al. Cardiac Arrest and Cardiopulmonary Resuscitation Outcome Reports: Update of the Utstein Resuscitation Registry Template for In-Hospital Cardiac Arrest. *Resuscitation* 2019;144:166-177. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2019.08.021.
 15. Gräsner J-T, Herlitz J, Tjelmeland IBM, et al. Epidemiologie des Kreislaufstillstands in Europa. *Notfall + Rettungsmedizin* 2021;24(4):346-366. DOI: 10.1007/s10049-021-00884-y.
 16. Erweiterte lebensrettende Maßnahmen: European Resuscitation Council, Emile Vanderveldelaan 35, 2845 Niel, Belgien, 2015.
 17. Gräsner J-T, Lefering R, Koster RW, et al. EuReCa ONE 27 Nations, ONE Europe, ONE Registry. *Resuscitation* 2016;105:188-195. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2016.06.004.
 18. Grasner JT, Wnent J, Herlitz J, et al. Survival after out-of-hospital cardiac arrest in Europe - Results of the EuReCa TWO study. *Resuscitation* 2020;148:218-226. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2019.12.042.
 19. Wnent J, Masterson S, Maurer H, et al. European Registry of Cardiac Arrest - Study-THREE (EuReCa THREE) - An international, prospective, multi-centre, three-month survey of epidemiology, treatment and outcome of patients with out-of-hospital cardiac arrest in Europe - The study protocol. *Resusc Plus* 2022;12:100314. DOI: 10.1016/j.resplu.2022.100314.
 20. Andersen LW, Holmberg MJ, Berg KM, Donnino MW, Granfeldt A. In-Hospital Cardiac Arrest: A Review. *JAMA* 2019;321(12):1200-1210. DOI: 10.1001/jama.2019.1696.
 21. Nolan JP, Soar J, Smith GB, et al. Incidence and outcome of in-hospital cardiac arrest in the United Kingdom National Cardiac Arrest Audit. *Resuscitation* 2014;85(8):987-92. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2014.04.002.
 22. Fischer M, Wnent J, Gräsner J-T, et al. Öffentlicher Jahresbericht 2021 des Deutschen Reanimationsregisters: Außerklinische Reanimation 2021. Deutsches Reanimationsregister, 2022. (<https://www.reanimationsregister.de/berichte.html>).
 23. Seewald S, Brenner S, Fischer M, et al. Öffentlicher Jahresbericht 2021 des Deutschen Reanimationsregisters: Innerklinische Reanimation 2021. 2022. (<https://www.reanimationsregister.de/berichte.html>).
 24. Krankenhäuser Einrichtungen, Betten und Patientenbewegung. Statistisches Bundesamt Deutschland. (<https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Krankenhaeuser/Tabellen/gd-krankenhaeuser-jahre.html>).
 25. Daten und Fakten der Universitätsmedizin Mainz. Universitätsmedizin Mainz. (<https://www.unimedizin-mainz.de/ueber-uns/vorstand/vorstandsvorsitzender-medizinischer-vorstand/daten-fakten.html>).

26. Berdowski J, Berg RA, Tijssen JG, Koster RW. Global incidences of out-of-hospital cardiac arrest and survival rates: Systematic review of 67 prospective studies. *Resuscitation* 2010;81(11):1479-87. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2010.08.006.
27. Leading causes of death globally in 2019. World Health Organisation Global Health Estimates. (<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>).
28. Sterbefälle, Sterbeziffern nach ICD-10 in Deutschland im Jahr 2021. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. (https://www.gbe-bund.de/gbe/pkg_olap_tables.prc_sort_ind?p_uid=gast&p_aid=19513899&p_sprache=D&p_help=2&p_indnr=6&p_ansnr=44115486&p_version=2&p_sortorder=d&p_dim_1=D.100&p_dw_1=10101).
29. Safar P. Ventilatory efficacy of mouth-to-mouth artificial respiration; airway obstruction during manual and mouth-to-mouth artificial respiration. *J Am Med Assoc* 1958;167(3):335-41. DOI: 10.1001/jama.1958.72990200026008c.
30. Kouwenhoven WB, Jude JR, Knickerbocker GG. Closed-chest cardiac massage. *JAMA* 1960;173:1064-7. DOI: 10.1001/jama.1960.03020280004002.
31. Olasveengen TM, Semeraro F, Ristagno G, et al. Basismaßnahmen zur Wiederbelebung Erwachsener. *Notf Rett Med* 2021;24(4):386-405. DOI: 10.1007/s10049-021-00885-x.
32. Perkins GD, Handley AJ, Koster RW, et al. [Adult basic life support and automated external defibrillation.]. *Notf Rett Med* 2015;18(8):748-769. DOI: 10.1007/s10049-015-0081-1.
33. Panchal AR, Bartos JA, Cabanas JG, et al. Part 3: Adult Basic and Advanced Life Support: 2020 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2020;142(16_suppl_2):S366-S468. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000916.
34. Greif R, Lockey A, Breckwoldt J, et al. Lehre in der Reanimation. *Notf Rett Med* 2021;24(4):750-772. DOI: 10.1007/s10049-021-00890-0.
35. Perkins GD, Travers AH, Berg RA, et al. Part 3: Adult basic life support and automated external defibrillation: 2015 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. *Resuscitation* 2015;95:e43-69. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2015.07.041.
36. Olasveengen TM, Mancini ME, Perkins GD, et al. Adult Basic Life Support: 2020 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Circulation* 2020;142(16_suppl_1):S41-S91. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000892.
37. Abella BS. High-quality cardiopulmonary resuscitation: current and future directions. *Curr Opin Crit Care* 2016;22(3):218-24. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000296.

38. Christenson J, Andrusiek D, Everson-Stewart S, et al. Chest compression fraction determines survival in patients with out-of-hospital ventricular fibrillation. *Circulation* 2009;120(13):1241-7. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.852202.
39. Muller MP, Richter T, Papkalla N, et al. Effects of a mandatory basic life support training programme on the no-flow fraction during in-hospital cardiac resuscitation: an observational study. *Resuscitation* 2014;85(7):874-8. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2014.03.046.
40. Considine J, Gazmuri RJ, Perkins GD, et al. Chest compression components (rate, depth, chest wall recoil and leaning): A scoping review. *Resuscitation* 2020;146:188-202. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2019.08.042.
41. Zhou XL, Wang J, Jin XQ, Zhao Y, Liu RL, Jiang C. Quality retention of chest compression after repetitive practices with or without feedback devices: A randomized manikin study. *Am J Emerg Med* 2020;38(1):73-78. DOI: 10.1016/j.ajem.2019.04.025.
42. Hupfl M, Selig HF, Nagele P. Chest-compression-only versus standard cardiopulmonary resuscitation: a meta-analysis. *Lancet* 2010;376(9752):1552-7. DOI: 10.1016/S0140-6736(10)61454-7.
43. Zhan L, Yang LJ, Huang Y, He Q, Liu GJ. Continuous chest compression versus interrupted chest compression for cardiopulmonary resuscitation of non-asphyxial out-of-hospital cardiac arrest. *Cochrane Database Syst Rev* 2017;3(3):CD010134. DOI: 10.1002/14651858.CD010134.pub2.
44. Ashoor HM, Lillie E, Zarin W, et al. Effectiveness of different compression-to-ventilation methods for cardiopulmonary resuscitation: A systematic review. *Resuscitation* 2017;118:112-125. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2017.05.032.
45. Iwami T, Kitamura T, Kiyohara K, Kawamura T. Dissemination of Chest Compression-Only Cardiopulmonary Resuscitation and Survival After Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Circulation* 2015;132(5):415-22. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.114.014905.
46. Wnent J, Tjelmeland I, Lefering R, et al. To ventilate or not to ventilate during bystander CPR - A EuReCa TWO analysis. *Resuscitation* 2021;166:101-109. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2021.06.006.
47. Wenzel V, Lehmkuhl P, Kubilis PS, Idris AH, Pichlmayr I. Poor correlation of mouth-to-mouth ventilation skills after basic life support training and 6 months later. *Resuscitation* 1997;35(2):129-34. DOI: 10.1016/s0300-9572(97)00044-0.
48. Mancini ME, Kaye W. Measuring cardiopulmonary resuscitation performance: a comparison of the Heartsaver checklist to manikin strip. *Resuscitation* 1990;19(2):135-41. DOI: 10.1016/0300-9572(90)90036-e.
49. Berden HJ, Pijls NH, Willems FF, Hendrick JM, Crul JF. A scoring system for basic cardiac life support skills in training situations. *Resuscitation* 1992;23(1):21-31. DOI: 10.1016/0300-9572(92)90159-a.

50. Graham CA, Lewis NF. A scoring system for the assessment of basic life support ability. *Resuscitation* 2000;43(2):111-4. DOI: 10.1016/s0300-9572(99)00135-5.
51. Breckwoldt J, Beetz D, Schnitzer L, Waskow C, Arntz HR, Weimann J. Medical students teaching basic life support to school children as a required element of medical education: a randomised controlled study comparing three different approaches to fifth year medical training in emergency medicine. *Resuscitation* 2007;74(1):158-65. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2006.11.017.
52. Jansen JJ, Berden HJ, van der Vleuten CP, Grol RP, Rethans J, Verhoeff CP. Evaluation of cardiopulmonary resuscitation skills of general practitioners using different scoring methods. *Resuscitation* 1997;34(1):35-41. DOI: 10.1016/s0300-9572(96)01028-3.
53. Lester CA, Morgan CL, Donnelly PD. Assessing with CARE: An innovative method of testing the approach and casualty assessment components of basic life support, using video recording. *Resuscitation* 1997;34(1):43-49. (In English). DOI: Doi 10.1016/S0300-9572(96)01046-5.
54. Donnelly PD, Lester CA, Morgan CL, Assar D. Evaluating CPR performance in basic life support: the VIDRAP protocol. *Resuscitation* 1998;36(1):51-7. DOI: 10.1016/s0300-9572(97)00092-0.
55. Whitfield RH, Newcombe RG, Woollard M. Reliability of the Cardiff Test of basic life support and automated external defibrillation version 3.1. *Resuscitation* 2003;59(3):291-314. DOI: 10.1016/s0300-9572(03)00246-6.
56. Jensen TW, Lockey A, Perkins GD, et al. The Copenhagen Tool a research tool for evaluation of basic life support educational interventions. *Resuscitation* 2020;156:125-136. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2020.08.120.
57. Minna S, Leena H, Tommi K. How to evaluate first aid skills after training: a systematic review. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2022;30(1):56. (In English). DOI: 10.1186/s13049-022-01043-z.
58. Chamberlain DA, Hazinski MF, European Resuscitation C, et al. Education in resuscitation. *Resuscitation* 2003;59(1):11-43. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2003.08.011.
59. Soreide E, Morrison L, Hillman K, et al. The formula for survival in resuscitation. *Resuscitation* 2013;84(11):1487-93. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2013.07.020.
60. Papaioannou A, Fraidakis O, Volakakis N, et al. Basic life support skill retention by medical students: a comparison of two teaching curricula. *Emerg Med J* 2010;27(10):762-5. DOI: 10.1136/emj.2009.077511.
61. Owen H. Early use of simulation in medical education. *Simul Healthc* 2012;7(2):102-16. DOI: 10.1097/SIH.0b013e3182415a91.
62. St.Pierre M, Breuer G. *Simulation in der Medizin*. 2 ed: Springer Berlin, Heidelberg, 2018.

63. Harvey PR, Higenbottam CV, Owen A, Hulme J, Bion JF. Peer-led training and assessment in basic life support for healthcare students: synthesis of literature review and fifteen years practical experience. *Resuscitation* 2012;83(7):894-9. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2012.01.013.
64. Na JU, Sim MS, Jo IJ, Song HG, Song KJ. Basic life support skill retention of medical interns and the effect of clinical experience of cardiopulmonary resuscitation. *Emerg Med J* 2012;29(10):833-7. DOI: 10.1136/emered-2011-200633.
65. Schmitz GR, McNeilly C, Hoebee S, et al. Cardiopulmonary resuscitation and skill retention in emergency physicians. *Am J Emerg Med* 2021;41:179-183. DOI: 10.1016/j.ajem.2020.01.056.
66. Kovacs E, Jenei ZM, Csordas K, et al. The timing of testing influences skill retention after basic life support training: a prospective quasi-experimental study. *BMC Med Educ* 2019;19(1):452. DOI: 10.1186/s12909-019-1881-7.
67. Beck S, Meier-Klages V, Michaelis M, et al. Teaching school children basic life support improves teaching and basic life support skills of medical students: A randomised, controlled trial. *Resuscitation* 2016;108:1-7. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2016.08.020.
68. Sopka S, Hahn F, Vogt L, et al. Peer video feedback builds basic life support skills: A randomized controlled non-inferiority trial. *PLoS One* 2021;16(7):e0254923. DOI: 10.1371/journal.pone.0254923.
69. Approbationsordnung für Ärzte - Ziele und Gliederung der ärztlichen Ausbildung. In: *Justiz Bd*, ed.2002.
70. Merkblatt über die Ausbildung in Erster Hilfe nach § 5 der Approbationsordnung für Ärzte (ÄAppO) in der jeweils geltenden Fassung. In: *Landesamt für Soziales JuVR-P*, ed.2020.
71. Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin. 2015.
72. Studienordnung für den Studiengang Humanmedizin an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. 2011.
73. Willmore RD, Veljanoski D, Ozdes F, et al. Do medical students studying in the United Kingdom have an adequate factual knowledge of basic life support? *World J Emerg Med* 2019;10(2):75-80. DOI: 10.5847/wjem.j.1920-8642.2019.02.002.
74. Bulow C, Krispin SK, Lehmannski F, et al. Basic resuscitation skills of medical students - a monocenter randomized simulation trial. *GMS J Med Educ* 2021;38(7):Doc116. (In English). DOI: 10.3205/zma001512.
75. Gupta R, DeSandro S, Doherty NA, Gardner AK, Pillow MT. Medical and Physician Assistant Student Competence in Basic Life Support: Opportunities to Improve Cardiopulmonary Resuscitation Training. *West J Emerg Med* 2020;22(1):101-107. DOI: 10.5811/westjem.2020.11.48536.

76. Moretti MA, Camboim AO, Ferrandez CA, et al. Retention of Cardiopulmonary Resuscitation Skills in Medical Students. *Arq Bras Cardiol* 2021;117(5):1030-1035. DOI: 10.36660/abc.20200546.
77. Cernuda Martinez JA, Castro Delgado R, Ferrero Fernandez E, Arcos Gonzalez P. Self-Perception of Theoretical Knowledge and Practical Skills by Primary Health Care Physicians in Life-Threatening Emergencies. *Prehosp Disaster Med* 2018;33(5):508-518. DOI: 10.1017/S1049023X18000808.
78. Asken MJ, Shrimanker I, Bhattarai S, Hortian V, Slaven V, Nookala V. Interns' anticipatory anxiety about cardiopulmonary resuscitation: reducing it while bolstering confidence with psychological skills training. *Intern Emerg Med* 2021;16(7):2009-2011. DOI: 10.1007/s11739-021-02768-y.
79. Kallestedt ML, Berglund A, Herlitz J, Leppert J, Enlund M. The impact of CPR and AED training on healthcare professionals' self-perceived attitudes to performing resuscitation. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2012;20:26. DOI: 10.1186/1757-7241-20-26.
80. Abolfotouh MA, Alnasser MA, Berhanu AN, Al-Turaif DA, Alfayez AI. Impact of basic life-support training on the attitudes of health-care workers toward cardiopulmonary resuscitation and defibrillation. *BMC Health Serv Res* 2017;17(1):674. DOI: 10.1186/s12913-017-2621-5.

8 Anhang

8.1 Packliste Notfalltasche

Atemwegs-Management

- Endotrachealtubus #7,5
- Tubusfixierung
- Laryngoskop mit Spatel #4
- Magensonde
- Larynxmaske #4
- Stethoskop
- Guedl-Tubus #4
- Wendl-Tubus #30
- Beatmungsbeutel
- Beatmungsmaske #4
- Beatmungsfilter
- Gänsegurgel
- Spritze 20ml und 10ml
- Sauerstoff-Schlauch

Kreislauf-Management

- Adrenalin 1mg/ml
- Adrenalin 0,1mg/ml
- Adrenalin 0,01mg/ml
- Noradrenalin 0,01mg/ml
- Amiodaron 300mg
- Atropin 0,5mg
- Vollelektroly-Lösung 500ml
- Infusionssystem
- Diagnostikleuchte
- Blutzucker-Messgerät
- Laborröhrchen-Set

8.2 Selbsteinschätzungsbogen und Szenario

Abbildung 21 – Selbsteinschätzungsbogen, Seite 1/2

EvaSys	Basic Life Support - Kompetenzeinschätzung	
Hochschulevaluierungsverbund Südwest		
JGU - GLK		
Students Save Lives - Kompetenz - follow up 1 - WS19/20		

Bitte so markieren: Bitte verwenden Sie einen Kugelschreiber oder nicht zu starken Filzstift. Dieser Fragebogen wird maschinell erfasst.
 Korrektur: Bitte beachten Sie im Interesse einer optimalen Datenerfassung die links gegebenen Hinweise beim Ausfüllen.

1. TeilnehmerInnendaten

1.1 Ihr aktuelles Fachsemester:

1.2 Ihr persönlicher Code:
 Der persönliche Code setzt sich aus folgenden Buchstaben und Zahlen zusammen:

1. Bitte geben Sie die **ersten zwei Buchstaben des Vornamens Ihrer Mutter** an (Bsp.: **MA**ria).
2. Bitte erweitern Sie diese um die **zwei Ziffern des Geburtsmonats Ihrer Mutter** (Bsp.: Februar = **02**).
3. Bitte fügen Sie jetzt die **ersten zwei Buchstaben des Vornamens Ihres Vaters** an (Bsp.: **HE**lmut).
4. Bitte ergänzen Sie die **zwei Ziffern des Geburtsmonats Ihres Vaters** (Bsp.: Dezember = **12**).
5. Bitte schreiben Sie nun die **beiden Ziffern Ihres eigenen Geburtstages** dazu (Bsp.: 24. März = **24**).

In unserem Fall würde der Code **MA02HE1224** lauten.

/
 /
 /
 /

2. Vorerfahrungen mit Basic Life Support

2.1 Haben Sie eine Ausbildung im Bereich Rettungsdienst/Krankenpflege? Ja Nein

2.2 Haben Sie zuvor bereits ein Basic Life Support-Training absolviert? Ja (weiter mit Frage 2.3) Nein (weiter mit Frage 3.1)

2.3 Wenn ja, wann und in welchem Zusammenhang?

3. Kompetenzen in Basic Life Support

Bitte nehmen Sie sich Zeit, die folgenden Fragen zur Einschätzung Ihrer eigenen Kompetenz von „1 - überhaupt nicht“ bis „10 - in hohem Maße“ zu beantworten.

	überhaupt nicht	in hohem Maße
Ich sehe mich dazu in der Lage, ...		
3.1 die Erstbeurteilung eines Patienten vorzunehmen.	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □	
3.2 einen Herz-Kreislauf-Stillstand festzustellen.	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □	
3.3 adäquate Hilfe anzufordern.	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □	
3.4 qualitativ hochwertige Thoraxkompressionen durchzuführen.	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □	
3.5 effektive Mund-zu-Mund Beatmungen durchzuführen.	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □	
3.6 bei den durchgeführten Wiederbelebensmaßnahmen Unterbrechungen zu minimieren.	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □	
Ich fühle mich sicher ...		
3.7 bei der Befolgung des BLS-Algorithmus.	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □	
3.8 in der Durchführung von Basiswiederbelebensmaßnahmen.	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □	

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit.

F15182U1051994062P1PL0V0
25.10.2019, Seite 1/1

Datum:

„Akute Notfälle und erste ärztliche Hilfe“



Liebe Studierende,

Bitte lesen Sie das folgende Szenario sorgfältig durch. Es wird Ihnen am Simulationsphantom eine Situation dargestellt in der Sie einen Patienten erstversorgen sollen. Ihnen steht dabei kein zusätzliches Material oder personelle Unterstützung zur Verfügung. Sie können alle relevanten Vitalparameter selbst am Simulationsphantom überprüfen.

Szenario



Sie befinden sich auf dem Weg zur Anästhesieklausur. Als Sie Ihre Wohnung verlassen finden Sie Ihren Nachbarn Herrn Schmitt, 55 Jahre, regungslos auf dem Flurboden vor. Was sie aus nachbarschaftlichen Gesprächen noch wissen: Herr Schmitt hat schon längere Zeit Probleme mit dem Herzen und wurde vor einer Woche, nach mehrtägigem Krankenhausaufenthalt aufgrund eines Herzinfarkts, nach Hause entlassen. Außer Ihnen ist sonst niemand im Flur. Es gibt keine äußerlichen Anzeichen für eine Verletzung.

Während des Szenarios werden keine Fragen beantwortet. Bitte stellen Sie alle offenen Fragen jetzt. Wenn diese beantwortet sind startet das Szenario.

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit.

8.3 BLS-Bewertungsbogen

Abbildung 23 – BLS-Bewertungsbogen

EvaSys	Basic Life Support - Bewertung Evaluationsszenario	
Hochschulevaluierungsverbund Südwest		
JGU - GLK		Students Save Lives - Szenario - follow up 1 - WS19/20

Bitte so markieren: Bitte verwenden Sie einen Kugelschreiber oder nicht zu starken Filzstift. Dieser Fragebogen wird maschinell erfasst.
 Korrektur: Bitte beachten Sie im Interesse einer optimalen Datenerfassung die links gegebenen Hinweise beim Ausfüllen.

1. Teilnehmer/innendaten

1.1 Fachsemester:

1.2 Persönlicher Code:

/
 /
 /
 /

2. Evaluationsdaten

2.1 Evaluationsgruppe: Interventionsgruppe Kontrollgruppe weder noch (Baseline)

2.2 Evaluationszeitpunkt: Baseline (6. Semester) Follow up 1 (7. Semester) Follow up 2 (8./9. Semester)

3. Bewertungskriterien

3.1 Der/die Teilnehmer/in achtet auf den Eigenschutz:	ja <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> nein
3.2 Der/die Teilnehmer/in spricht den/die Patienten/-in laut an:	ja <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> nein
3.3 Der/die Teilnehmer/in macht den Atemweg frei:	ja <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> nein
3.4 Der/die Teilnehmer/in überprüft die Atmung nach dem „Sehen, Hören, Fühlen - Prinzip“:	ja <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> nein
3.5 Der/die Teilnehmer/in kontrolliert den Puls:	ja <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> nein
3.6 Der/die Teilnehmer/in stellt den Herz-Kreislauf-Stillstand innerhalb von 10 Sekunden fest:	ja <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> nein
3.7 Der/die Teilnehmer/in ruft um Hilfe:	ja <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> nein
3.8 Der/die Teilnehmer/in beginnt sofort mit Thoraxkompressionen:	ja <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> nein



9 Danksagung

Meinen Dank möchte ich allen Personen aussprechen, die an der Planung und Durchführung der Studie beteiligt gewesen sind und mich auf dem Weg meines Promotionsvorhabens begleitet und unterstützt haben.

Bedanken möchte ich mich zunächst bei _____, ohne den als Ideengeber und Initiator des Projektes und Wahlfachs Stundets Save Lives nichts hiervon entstanden wäre. Des Weiteren möchte ich mich bei _____ bedanken, der mit mir den wissenschaftlichen Ansatz, die Fragestellung und die praktische Umsetzung der Untersuchungen erarbeitet hat. Daran anschließend möchte ich _____ für die Übernahme der Betreuung danken. Mit ihrer positiven Beratung konnte sie mich stets motivieren weiterzumachen und mein Promotionsvorhaben zu einem Abschluss zu bringen, dafür vielen Dank!

Ich danke allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Klinik für Anästhesiologie für ihren großartigen Einsatz bei der Durchführung der Wahlfächer und den Datenerhebungen. Stellvertretend möchte ich hier _____ besonderen Dank aussprechen, die gerade bei der initialen Organisation und Erarbeitung des Wahlfachs Students Save Lives eine tragende Rolle gespielt hat. Des Weiteren danke ich _____ vom Zentrum für Qualitätssicherung und -entwicklung des Hochschulevaluierungsverbund Süd-West, der uns im Rahmen des GLK-Projektes bei der Durchführung stets beratend zur Seite stand.

Außerdem danke ich _____ und _____ aus dem Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik der Universitätsmedizin Mainz für die Beratung und Hilfe bei den statistischen Berechnungen und der Überprüfung der Ergebnisse und | _____ für die Übernahme und die weitere Betreuung.

Schließlich gilt mein größter Dank meiner Familie, die mir bei Rückschlägen und in schwierigen Phasen, in denen ich das Ziel aus dem Blick verloren habe, immer wieder Mut zugesprochen und mich motiviert hat weiterzumachen. Meinem Vater _____ und meiner Partnerin _____ möchte ich von Herzen für die Korrekturen und die positiven Rückmeldungen am Ende des Schreibprozesses danken. Ebenfalls bedanken möchte ich bei | _____, unserem Familienhund und treuen Begleiter, durch dessen Hilfe ich mit langen Spaziergängen trübe Gedanken und Stress ablaufen konnte.

10 Lebenslauf

