

Empfehlung des ÄLRD-Ausschusses Bayern

Mechanische Reanima- tionshilfe

Vorhaltung auf
öffentlich-rechtlichen Rettungsmitteln

erstellt durch die AG MedizinTECHNISCHE Ausstattung des ÄLRD Ausschuss Bayern
und
die AG Beschaffung der Durchführenden in Bayern

Empfehlung

Der **ÄLRD-Ausschuss Bayern** empfiehlt dem/der/den

- ÄLRD Bayern
- Ausschussvorsitzenden
- BayStMI
- BKG
- X Durchführenden
- ILS
- X Kostenträgern
- KVB
- Landesbeauftragtem ÄLRD
- ZRF

die Vorhaltung einer mechanischen Reanimationshilfe auf allen arztbesetzten Rettungsmitteln in Bayern.

Zum Zeit-, Personal-, Schulungs- und Kostenaufwand werden folgende Einschätzungen gegeben:

Zeitaufwand:

/

Schulungsaufwand:

Einmalige Einweisung/Schulung je Mitarbeiter/in im Rettungs- und Notarztdienst: ca. 90 min
Jährlicher Aufwand je Mitarbeiter/in im Rettungs- und Notarztdienst: ca. 15 min

Personalaufwand:

/

Kostenaufwand:

- ca. 13.000 bis 16.000 Euro zzgl. MwSt. (je nach Gerät - siehe Punkt 4 der Ausführungen) multipliziert mit der Anzahl der arztbesetzten Rettungsmittel. Mengenrabatte sind zu erwarten.
- zzgl. entsprechender Verbrauchsmaterialien (je nach Gerät unterschiedlich - siehe Punkt 4 der Ausführungen)

Schnittstellen zu folgenden AGs bzw. Gremien:

/

Zum Umsetzungsprozess werden folgende Schritte empfohlen:

Schritt 1 (Prozessverantwortlicher: AG Beschaffung der Durchführenden):

Ausschreibung durch die AG Beschaffung der Durchführenden mittels Lastenheft der AG Medizintechnik

Schritt 2 (Prozessverantwortlicher: AG Rettungsdienstliche Fortbildung für Rettungsdienstmitarbeiter der ÄLRD Bayern):

Einbindung in die vorhandenen Schulungskonzepte bzw. in ein einheitliches Schulungskonzept (kann erst nach Festlegung der Gerätschaft erfolgen)

Schritt 3 (Prozessverantwortlicher: AG Medizintechnik):

Erstellung einer einheitlichen Dokumentation (kann erst nach Festlegung der Gerätschaft erfolgen)

Rückmeldung an den Ausschuss über erfolgte Umsetzung durch alle Prozessverantwortlichen (siehe oben)

Inhalt

1. Einführung
2. Verfügbare Mechanische Reanimationshilfen
3. Geräteeigenschaften
4. Kostenvergleich
5. Praxistest
6. Schulungsaufwand
7. Vorhaltung
8. Zusammengefasste Empfehlung zur Vorhaltung einer mechanischen Reanimationshilfe im Rettungsdienst Bayern

Abkürzungsverzeichnis

1. Einführung

Die letzte **Empfehlung „Mechanische Reanimationshilfe – Anwendung auf öffentlich rechtlichen Rettungsmitteln“** vom 19.01.2015 enthält folgende Grundaussagen:

- Für den Einsatz mechanischer Reanimationshilfen konnte trotz grundlagenwissenschaftlicher Hinweise bisher kein eindeutiger Überlebensvorteil gegenüber der manuellen Thoraxkompression gezeigt werden. Ein primärer Einsatz der mechanischen Reanimationshilfe ist in der Regel nicht angezeigt.
- Bestimmte einsatztaktische Situationen können jedoch eine effektive manuelle Herzdruckmassage unmöglich machen. Hierzu zählen z.B. der Transport und die Erschöpfung der Helfer. Des Weiteren existieren einzelne Krankheitsbilder bzw. Notfallsituationen, die die Anwendung einer mechanischen Reanimationshilfe sinnvoll erscheinen lassen. Deshalb sollten mechanische Reanimationshilfen in Bayern so vorgehalten werden, dass sie auf Anforderung der Einsatzkräfte innerhalb eines vertretbaren Zeitraumes verfügbar gemacht werden können.
- Die Anwendung der mechanischen Reanimationssysteme darf keine Verzögerungen in der leitliniengerechten Reanimation nach sich ziehen.
- Die Anwendung der mechanischen Reanimationssysteme ist in jedem Fall im Team zu schulen.
- Eine manuelle Beatmung mit Kapnometrie erscheint die derzeit sicherste Variante.

Der ÄLRD Ausschuss Bayern hat in seiner 14. Sitzung am 19.01.2015 die oben genannte **Empfehlung mit folgender Einschränkung befürwortet:**

Vor einer Umsetzung der Empfehlung soll die AG zusammen mit den Durchführenden ein schlüssiges Konzept zur punktuellen Vorhaltung, Zuführungsmöglichkeiten bei Anforderung, erforderlichem Einweisungs- und Schulungsaufwand samt Gesamtkostenermittlung erarbeiten und dem ÄLRD-Ausschuss zur Verfügung stellen.

2. Verfügbare Mechanische Reanimationshilfen

Es wurden derzeit oder zeitnah verfügbare mechanische Reanimationshilfen vergleichend bewertet. Offensichtliche Nachahmerprodukte wurden nicht eingeschlossen. Die bewerteten Geräte arbeiten nach unterschiedlichen Prinzipien:

Name	Firma	Funktion	Betrieb
Animax Mono®	AAT	handbetrieben	Stempel
Autopulse®	Zoll	halbautomatisch	Band
LUCAS II®	Physio-Control	halbautomatisch	Stempel
Corpuls CPR®	Corpuls	halbautomatisch	Stempel

3. Geräteeigenschaften

In der folgenden Tabelle sind die Unterschiede der Gerätschaften dargestellt.

				
Gerätename / Typbezeichnung	Animax mono	AutoPulse Reanimationssystem Modell 100	corpuls cpr	LUCAS 2
Hersteller	AAT Alber Antriebstechnik GmbH	ZOLL Medical (ZOLL Circulation, San Jose CA)	GS Elektromedizinische Geräte G. Stemple GmbH	Jolife / PHYSIO-CONTROL
Druckpunkt	Nach ERC Vorgaben: untere Sternumhälfte	Semizirkuläre Thoraxkompression mittels Kompressionsband (Load-Distributing-Band CPR)	Sternum (vom Anwender einstellbar)	Untere Sternumhälfte, gem. Leitlinien zur Reanimation
Kompressionen pro Minute	Mechanisches Gerät, daher bestimmt der Anwender die Frequenz. Eine empfohlene Frequenz von 100 Kompressionen/min ist problemlos machbar.	80/min	80-120, einstellbar in 1/min Schritten	102 ± 2 Kompressionen pro Minute
Drucktiefe [mm]	500 – 600 mm je nach Patient	Immer 20% Reduktion des Thoraxumfang (variable Drucktiefen -je nach Patiententhorax- da keine reine punktuelle Sternumkompression wie manuelle CPR)	20-60 mm, einstellbar in 1 mm Schritten	Patienten mit einer Brustbeinhöhe über 185 mm: <ul style="list-style-type: none"> • 53 mm ± 2 mm Kleinere Patienten mit einer Brustbeinhöhe von weniger als 185 mm: <ul style="list-style-type: none"> • 40 bis 53 mm
Verhältnis Kompression/Entlastung	Der Anwender bestimmt das Verhältnis zwischen Kompression und Entlastung. Bei korrekter Bedienung entlastet das Gerät vollständig. Der animax mono hat kein festes Intervall. Er kann mit einer Frequenz von 30:2 oder auch mit Zwischenbeatmungen verwendet werden, je nach den Gegebenheiten vor Ort.	50 : 50	einstellbar: 30:2, 15:2, kont.	50 ± 5 %
Energiequelle	Mechanisches Gerät, daher keine Energiequelle	Wiederaufladbarer Lithium-Ionen-Akku (LiFePO4) - 36,3V/Kapazität. 2300 m Ah	Lithium Polymer Akku, auch während Betrieb aufladbar	Aufladbare Lithium-Ion-Polymer-Batterie (LiPo) im Gerät (auch während dem Betrieb) und extern wiederaufladbar
Akkuleistungsdauer	Entfällt	30 Min (Minimum) – 60 Min (abhängig von Thoraxrigidität und -Umfang sowie Betriebsmodus 30:2 od. kontinuierlich)	Bei Werkseinstellungen, normal kompressiblem Thorax, Drucktiefe 5 cm, Druckfrequenz 100/min, Modus: 30:2: 90 min	Kapazität 3300 mAh (typisch), 86 Wh / Batterielaufzeit 45 Minuten (typisch)
Gewicht (nur Gerät)	8,0 kg	9,3 kg (ohne Akku), 10,6 kg (incl. Akku)	Arm mit Akku: 5,5 kg; Quadboard: 1,8 kg	7,8 kg
Gerät mit allem Zubehör für den Einsatz und Transportbehälter)	9,8 kg	10,6 kg + Kompressionsband 450 g + Taschenvarianten (s.u.): <ul style="list-style-type: none"> • Tasche AP Light PAX Plane 985 g • Tasche REGA mit integriertem Tragetuch PAX Plane 3780 g 	9,7 kg	ca. 9 kg

				
Abmessungen im verpackten Zustand zur Verlastung (Höhe, Tiefe, Breite)	H 52 cm, T 22cm, B 41 cm	Gerät ohne LifeBand (ohne Tasche) L 83 cm x B 45 cm x H 8,5 cm Gerät mit LifeBand (Tasche Light) L 84 cm x B 46 cm x H 14 cm Gerät mit LifeBand (Tasche REGA) L 87 cm x B 46 cm x H 18,5cm	H 48 cm, T 15 cm, B 50 cm	H 65 cm, T 25 cm, B 33 cm
Abmessung bei am Patienten angelegten Zustand (Höhe, Breite)	H 48 cm – 59,30 cm B 36,10 cm – 77,40 cm (Je nach Brustkorbgröße des Patienten.)	L 83 cm x B 45 cm x H 8,5 cm	H 49 cm, B 46 cm kann je nach Konfiguration abweichen	H 57 cm, B 25 cm
Umgebungstemperaturspanne für einwandfreien Betrieb	-18°C bis +50°C	Betriebstemperatur 0 °C bis +40 °C Aufbewahrungstemperatur -20 °C bis +65 °C	-20 °C bis 45 °C	+0 °C bis +40 °C -20 °C eine Stunde lang nach Aufbewahrung bei Raumtemperatur
Defibrillation bei laufendem Betrieb möglich?	Ja. Der animax mono sollte aber bei der Schockabgabe nicht berührt werden.	Ja	Ja	Ja, empfohlen
Desinfektion? Wie und mit welchen Substanzen möglich? Gibt es Besonderheiten?	Ja, Wischdesinfektion ist mit allen dafür bestimmten Desinfektionsmitteln möglich.	- Alkoholgetränkte Tücher (z.B. Mikrocid® AF Tücher S&M) - Aldehydfreie Flächen-Desinfektionsreiniger (z.B. Microbac® Forte Bode) - Aldehydfreie Schnell-Desinfektion auf Alkohol-Basis von (z.B. Incidin® Liquid) - Alkoholfreie Schnell-Desinfektion auf Basis von quaternären Ammoniumverbindungen (z.B. mikrocid® sensitive liquid S&M)	Alle zu reinigenden und zu desinfizierenden Oberflächen des corpuls cpr und dessen Zubehör sind frei zugänglich. Es sind Desinfektionsmittel auf Basis von Aldehyden, Alkohol und/oder quartären Ammoniumverbindungen zu verwenden. Die folgenden Desinfektionsmittel aus der DGHM-Liste sind auf Wirksamkeit und Verträglichkeit geprüft und empfohlen: • Bacillol® 30 Tissues 100% • Dismozon® plus 3,6% (w/w) • Kohrsolin® extra 6,6% (w/w) • Microbac® forte 2% (w/w) • Microbac® Tissues 100%	Reinigen Sie alle Oberflächen und Gurte mit einem weichen Tuch und einer Mischung aus warmem Wasser und einem sanften Reinigungs- oder Desinfektionsmittel, z. B.: • 70-prozentige Isopropylalkohollösung • 45-prozentige Isopropylalkohollösung mit Reinigungsmittelzusatz • Quartäre Ammoniumverbindung • 10%ige Bleiche Beachten Sie die Anweisungen des Desinfektionsmittelherstellers
Dürfen die Klebeelektroden für Defi/Pacer im laufenden Betrieb belassen und verwendet werden?	Ja die Kleber dürfen belassen werden. Während der Schockabgabe sollte der animax mono allerdings nicht berührt werden.	Ja	Ja	Ja
Ist das Gerät latex-frei?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Mehrfachverwendbarkeit? Ggf. Art und Umfang des Einwegmaterials/Verbrauchsmaterials pro Einzelanwendung	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein Kein Verbrauchsmaterial	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein Kompressionsband (LifeBand) ist Einwegmaterial	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein Einwegmaterial wird nicht benötigt	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein Einwegsaugnäpfe

				
Bei Einmalprodukten: Wie lange ist das Material lagerfähig, wenn es nicht verwendet wird? [Wochen]	Entfällt	Kompressionsband (LifeBand) – keine Einschränkung der Lagerfähigkeit	-	Unbegrenzt
Empfohlene Anzahl der Helfer zur problemlosen Anlage?	1 Helfer ist in der Regel ausreichend. Ggf. ein 2. Helfer zum assistieren, je nach den Gegebenheiten vor Ort.	Mindestens 2	1-2	Zwei Helfer
Besteht eine Transportzulassung für die Luftrettung?	Entfällt	Ja RTCA /DO-160D, Category U, Endurance figure 8-7. RTCA /DO-160F, Section 21, Category 21 EMI Field Immunity Test (ADAC, REGA, DRF)	Zulassung in Vorbereitung	Ja
zeitliche Aufwand der Einweisung für Ersteinweiser	ca. 60 Min (maximal 5 Personen)	für MPG-Beauftragte mind. 45 Min. ohne Transporttraining, mit Transporttraining (Trageübungen Treppenhaus, spezielle Transportmedien, spezielle Einsatzsituationen etc.) mind. 60-90 Min (Zeitangaben Abhängig auch von der Gruppengröße)	k/a	ca. 60 Min
zeitliche Aufwand der Einweisung für Anwender	ca. 60 Min (max. 8-10 Personen) Je mehr Personen eingewiesen werden sollen desto mehr Zeit müsste eingeplant werden, bzw. falls eine größere Gruppe eingewiesen werden soll können wir auch mehrere Instruktoren benennen, die die Einweisung in mehreren Gruppen begleiten.	mind. 30 Min.	90 Min.	ca. 60 Min
standardisiertes Trainingsprogramm für Anwendung im Team	Kein Programm	Power-Point Präsentation, Pit Crew Training Video für 2 bzw. 3 Helfer	Bestandteil der Einweisung durch Ersteinweiser	Ja (Onlinetraining) In Zusammenarbeit mit den ÄLRD/INM kann gerne ein einheitliches Schulungskonzept (sowohl für Anwender, als auch für Instruktoren) entwickelt werden.
Kosten der Trainings	Ersteinweisung durch unsere Instruktoren beträgt 200,00 € / lt. Preisliste.	zentrales Training für MPG-Beauftragte Gesamtbayern (4 Veranstaltungen) – natürlich auch abhängig von der Geräteanzahl : keine Kosten Einweisung in jedes Gerät: pro Gerät zwei kostenfreie Ersteinweisungen Re-Training Veranstaltungen: je Training € 150,00/Netto	Einweisung ist kostenfrei	Onlinetraining kostenneutral, Simulationstrainings nach Anforderung und Aufwand
Herstellerangaben vom	09.10.2015 und 12.11.2015	16.10. 2015 und 19.11.2015	14.10.2015 und 25.11.2015	08.10.2015 und 13.11.2015

4. Kostenvergleich

Die Kostenaufstellung beruht auf den Abfragen bei den Herstellerfirmen nach deren gültigen Kostenangaben (Oktober/November 2015, ohne Rabattierung).

				
Anschaffungskosten (ready-to-use) Listenpreis pro Stück [€] ohne MwSt. für das einsatzbereite Gerät (Standardausführung mit Transportbehälter, Stromquelle, Ladegerät) sowie Kosten der für die einmalige Anwendung erforderlichen Verbrauchsteile	3.590,00 € zzgl. MwSt.	16.143,00 € zzgl. MwSt.	14.294,50 € zzgl. MwSt. Komplettgerät inkl. Ersatzakku, Lademöglichkeiten, Stempel (Größe L/XL und S/M) und Recboard	12.598,95 € zzgl. MwSt. LUCAS® 2 Ready-to-Use ERC 2010
Betriebskosten/Kosten für Einweg- oder Verschleißmaterial für eine einmalige Anwendung, Listenpreis [€]	Kein Einweg- oder Verschleißmaterial	Kompressionsband (LifeBand): 1 Stk. 175,00 € 3 Stk. 445,00 €	Verbrauchsmaterial wird keines benötigt.	Saugglocke: 3 Stück: 94,50 € 12 Stück: 346,50 €
Preis Ersatzakku, Listenpreis [€]	Entfällt	Li Ionen Akku 995,00 € (Akku Lebensdauer mind. 3 Jahre)	600,00 €	LUCAS® 2 Batterie 619,50 €
Herstellerangaben vom	09.10.2015 und 12.11.2015	16.10. 2015 und 19.11.2015	14.10.2015 und 25.11.2015	08.10.2015 und 13.11.2015

5. Praxistest

Die folgenden mCPR-Geräte

- LUCAS II (Physio-Control),
- Autopulse (Zoll),
- Animax Mono (Alber Antriebstechnik) und
- Corpuls CPR (Corpuls)

wurden in einem Praxistest auf ihre Tauglichkeit zur Durchführung einer mechanischen Reanimation (mCPR) unter Transportbedingungen betrachtet.

Dabei musste eine Simulatorpuppe (AMBU-Man, modifiziertes Gewicht 65kg zuzgl. Ausrüstung) unter mCPR über eine definierte und standardisierte Transportstrecke transportiert werden. Das Transportteam bestand aus 4 Helfern (3x RA, 1x NA). Die Gesamttransportstrecke bestand aus einzelnen Abschnitten und beinhaltete Transport durchs Treppenhaus und in der Ebene, Fahrten mit der Drehleiter (DL) und mit einer an der Drehleiter eingehängten Schleifkorbtrage, Rettungsdiensttrage, sowie die Fahrt mit einem RTW durch den fließenden Verkehr einer öffentlichen Straße (ohne Sondersignal). Außerdem wurde die Be- und Entladung des RTW geprobt.

Die Daten wurden mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung überprüft (Ergebnisse hier nicht dargestellt). Daten, die eine Normalverteilung zeigen, sind als Mittelwert \pm Standardabweichung und nicht-normalverteilte Daten als Median und dem entsprechenden Interquartilabstand (IQR) angegeben.

Die Antworten der Teilnehmer auf der VAS wurden auf Unterschiede in der Lage der Verteilung mit dem Kruskal-Wallis-H-Test untersucht. Als post hoc Test wurde zum paarweisen Vergleich unabhängiger Stichproben der Mann-Whitney-U-Test verwendet.

Die Häufigkeiten für die dichotomen Variablen „korrekturbedürftigen Verschiebung“ des Gerätes und die Einhaltung des Kompressions/Ventilationsverhältnis 30:2 („30:2 OK“) wurde mit dem Chi²-Test untersucht.

Zusammenfassung Ergebnisse Praxistest

Als Probanden beteiligten sich 4 Notärzte, 7 Rettungsassistenten und 2 Rettungsanitäter an dem Praxistest. Die Probanden zeigten eine große Einsatzerfahrung (Mittlere Einsatzerfahrung 13,2 \pm 5,2 Jahre mit 1,7 \pm 1,2 Reanimationen/Monat). Über zusätzliche Qualifikationen (Provider-Status für Reanimationskurse oder Lehrtätigkeit in der Reanimation) verfügten 70% der Probanden.

Primäre Endpunkte

Die primären Endpunkte der Studie waren die Messung der Verschiebung des Druckpunktes in cm (Verschiebung in cm in Bezug auf die Achsen des Phantoms) und der Anteil der effektiven Kompressionen (%).

Verschiebung des Druckpunktes unter mCPR beim Transport

Am Endpunkt jedes einzelnen Abschnittes der Gesamttransportstrecke wurde die Anknüpfungsstelle des mCPR-Gerätes kontrolliert und jede Verschiebung erfasst und dokumentiert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1a zusammengefasst. Insgesamt zeigte sich keine relevante Verschiebung.

Gerät	Anzahl der Lagekorrekturen	Verschiebung in cm Longitudinal im Median (IQR) und (Spannweite)	Verschiebung in cm Transversal im Median (IQR) und (Spannweite)
Animax	15	0,7 (1,0) (0,0 – 4,5)	0,5 (0,5) (0,0 – 1,0)
Corpuls-CPR	9	0,0 (0,9) (0,0 – 2,3)	0,0 (0,2) (0,0 – 1,0)
Autopulse	8	0,0 (0,7) (0,0 – 1,7)	0,0 (1,02) (0,0 – 2,3)
LUCASII	2	0,0 (0,0) (0,0 – 0,5)	0,0 (0,0) (0,0 – 0,3)

Tabelle 1a: Durchgeführte Lagekorrekturen im Verlauf der gesamten Transportstrecke kumulativ für alle Durchgänge

			Korrektur_Druckpunkt		Gesamt
			Nein	Ja	
Gerät	Animax	Anzahl	3	15	18
		Erwartete Anzahl	9,8	8,2	18,0
		% innerhalb von Gerät	16,7%	83,3%	100,0%
Autopulse		Anzahl	11	8	19
		Erwartete Anzahl	10,4	8,6	19,0
		% innerhalb von Gerät	57,9%	42,1%	100,0%
Corpuls-CPR		Anzahl	10	9	19
		Erwartete Anzahl	10,4	8,6	19,0
		% innerhalb von Gerät	52,6%	47,4%	100,0%
Lucas II		Anzahl	17	2	19
		Erwartete Anzahl	10,4	8,6	19,0
		% innerhalb von Gerät	89,5%	10,5%	100,0%

Tabelle 1b: Erwartete und beobachtete Häufigkeiten einer korrigierten Verschiebung.

Mittels Chi²-Test wurde die Homogenität der Verteilung der Häufigkeit einer korrigierten Verschiebung für die verschiedenen mCPR-Geräte überprüft. Die Daten sind in Tabelle 1b dargestellt. Es ergibt sich ein Chi²-Wert (nach Pearson) von 19,9 bei 3 Freiheitsgraden. Die zweiseitige, asymptotische Signifikanz beträgt P < 0,001. Daraus resultiert, dass die Unterschiede in den Verteilungen nicht homogen sind. Obwohl die gemessenen Verschiebungen nur gering sind, bestehen hinsichtlich der aus den Verschiebungen resultierenden Häufigkeiten einer Korrektur der Position des jeweiligen Gerätes signifikante Unterschiede in deren Stabilität unter Transportbedingungen.

Hinsichtlich der Fragestellung, ob die Verschiebungen eine qualitativ hochwertige Herzdruckmassage beeinträchtigen, kann bei dieser modellhaften Betrachtung nur die Messung des korrekten Druckpunktes betrachtet werden. Hier zeigt sich, dass bei den kumulativ 16.129 Kompressionen während des gesamten Experiments lediglich zwei Mal ein falscher Druckpunkt ermittelt wurde (0,012%). Beide vermeintlich falschen Druckpunkte wurden beim Autopulse innerhalb desselben Streckenabschnitts und innerhalb derselben Messung ange-

zeigt. In diesem Streckenabschnitt wurde eine longitudinale Verschiebung von 0,5cm und keine transversale Verschiebung gemessen. Im Verlauf des gesamten Tests fanden sich beim Autopulse longitudinale Verschiebungen von im Median 0,0 cm (IRQ 0,7) und mit einer Spannweite von 0,0 – 1,7 cm. Somit waren die Verschiebungen also auf manchen Streckenabschnitten teils größer. Bei keiner dieser anderen Abweichungen wurde ein falscher Druckpunkt registriert. Auch bei allen anderen Geräten, die z. T. noch größere longitudinale Abweichungen (bis 4,5cm) zeigten, ergab sich bei den insgesamt 34 korrigierten Abweichungen eine einzige Registrierung eines falschen Druckpunktes. Es ist daher davon auszugehen, dass beim AutoPulse eine fehlerhafte Erfassung vorlag.

Bei der kritischen Bewertung der Ankopplungsstelle fiel neben den beschriebenen Verschiebungen zusätzlich beim Corpuls-CPR auf, dass die Ankopplung des Stempels an die Brustwand unvollständig war. Auf Nachfrage beim Hersteller-Repräsentanten vor Ort wurde mitgeteilt, dass es zwei verschiedene Stempel-Aufsätze gibt, die dem Patienten entsprechend auszuwählen seien. Man habe die Dimensionen des Übungsmodells falsch eingeschätzt und den kleineren der beiden Stempel gewählt. Der vermutlich besser geeignete, größere Stempel war im Rahmen des Tests nicht verfügbar.

Anteil der leitliniengerecht erreichten Eindrucktiefen

Ziel der Untersuchung war die vergleichende Prüfung auf die Leistungsfähigkeit unter Transportbedingungen gegenüber der Anwendung im stationären Betrieb am Notfallort.

Erreichte Eindrucktiefen wurden als Kompressionen mit einer den Reanimationsleitlinien entsprechenden Eindrucktiefe von 50 - 60 mm definiert. Der Anteil der erreichten Eindrucktiefen wurde aus dem Anteil der nicht erreichten Eindrucktiefen (<50 mm) und der Anzahl der Gesamtkompressionen berechnet.

Das Ergebnis ist für jedes Gerät im Verlauf der Transportstrecke in Abbildung 1 dargestellt. Insgesamt ist die Kompressionsleistung aller vier Geräte als uneingeschränkt sehr gut zu bezeichnen.

Die Kompressionsleistung des Autopulse und des Corpuls-CPR war unter stationären Bedingungen geringer als unter Transport. Ob dies auf eine Kalibrierung der Geräte auf das Übungsmodell zurückzuführen ist, können wir nicht beurteilen. Der Autopulse ist zudem konstruktionsbedingt nicht für eine exakte Kompressionstiefe ausgelegt, sondern komprimiert einen Anteil des ermittelten Thoraxumfangs.

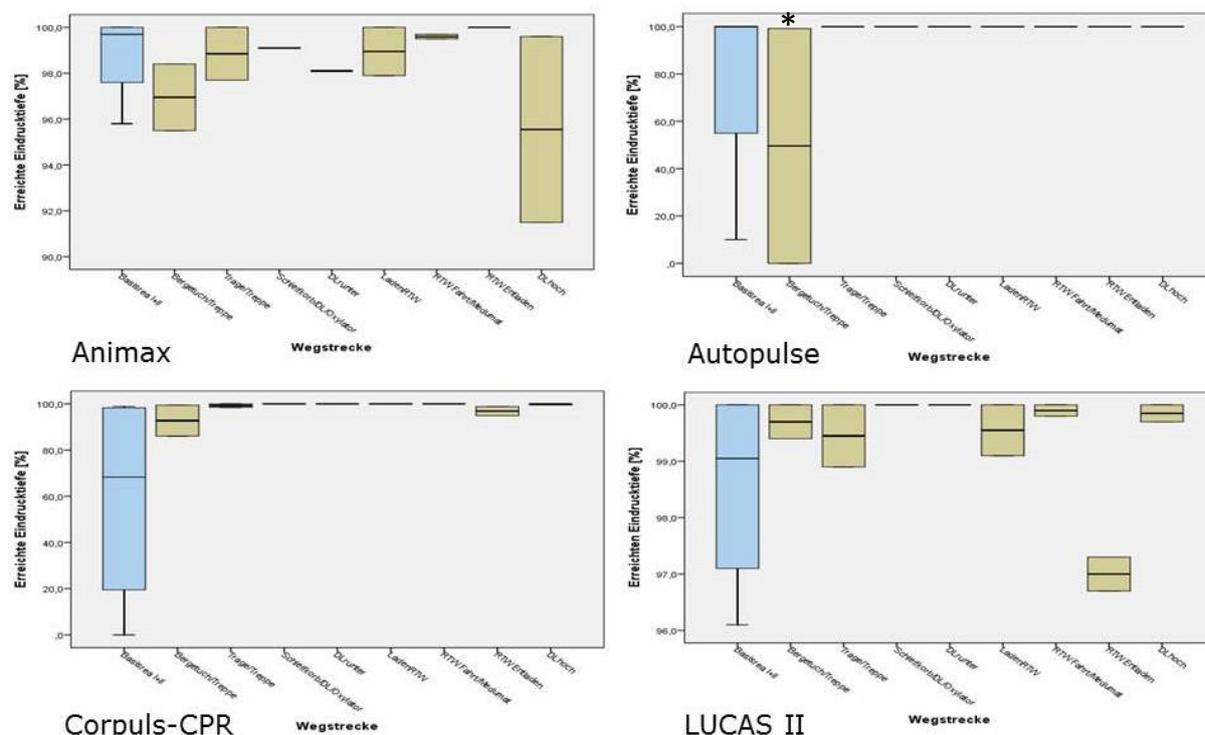


Abbildung 1: Anteil der erreichten Eindringtiefe der Thoraxkompressionen unter Transport im Vergleich zur initialen stationären Reanimation. Akzidenteller Abbruch der ersten Messung nach 20 Sekunden (*). Die Aussagekraft der Messung auf diesem Streckenabschnitt ist daher vermindert.

Die niedrige Rate an Thoraxkompressionen mit korrekt erreichter Eindringtiefe beim Autopulse auf der Wegstrecke 1 (Berggetuch/Treppe) ist als Meßfehler zu bewerten. Hier kam nach 20 Sekunden zur Diskonnektion des Datenkabels mit Abbruch der Messung. Außerdem wurden beim Autopulse während der stationären Reanimation und auf der Wegstrecke Berggetuch/Treppe vermehrt zu flache Kompressionen gemessen. Dies stellt eine offensichtliche Limitierung der hier verwendeten Messmethode dar. Die Messmechanik ist auf eine semizirkuläre Kompression konstruktionsbedingt nicht ausgelegt. Sie eignet sich besser für Stempelgeräte und den für manuelle Reanimation ausgelegten Messensoren. Durch die kurze Messung im Abschnitt Berggetuch/Treppe fallen diese zu als zu flach gemessenen Kompressionen besonders ins Gewicht. Aufgrund eigener Erfahrungen rechnete der Hersteller-Repräsentant selbst mit Kompressionstiefen von nur 3-4cm Tiefe. Laut Hinweis des Hersteller-Repräsentanten liegt bei realen Patienten diese Eindringtiefe, abhängig vom individuellen Thoraxumfang/-Höhe und -elastizität, zwischen 3,2 – 8 cm.

Die Performanz des AutoPulse zeigte letztlich auf den anderen Abschnitten der Transportstrecke durchgehend 100% erreichte Eindrücktiefen. Damit ist das Ergebnis im Sinne der Fragestellung „Transport“ für den AutoPulse wie auch bei den anderen getesteten Geräten als sehr gut zu bewerten.

Die eingeschränkte Performanz des Corpuls-CPR in der stationären Reanimationssituation (im Median ein Anteil von 0,68 erreichte Eindrücktiefen) im Vergleich zur besseren Leistung unter Transportbedingungen ist möglicherweise darauf zurückführbar, dass sich das Gerät dynamisch der Thoraxelastizität des Patienten anpasst und dass diese „Kalibrierung“ während der Basisreanimation das Ergebnis ungünstig beeinflusst hat. In beiden Durchgängen wurden insbesondere während der ersten stationären Reanimation - vor Beginn der Transportstrecke - verminderte Raten einer ausreichenden Eindrücktiefe beobachtet. Möglich wäre auch, dass dies auf den zu kurzen Stempel zurückgeführt werden könnte. Wie oben beschrieben, ist zwischen zwei verschiedenen Stempeln auszuwählen, von denen nur der Kleinere zur Verfügung stand. Auch darin könnte eine Erklärung für die Abweichung gesucht werden. Unter Transportbedingungen zeigte der Corpuls-CPR eine sehr gute Leistung mit Raten an effektiven Kompressionen zwischen 93% bis 100% (Median 1,0 (IQR 0,13)).

Sekundäre Endpunkte – Vergleich der Kompressionstiefen

Die Messergebnisse zur Kompressionstiefe im Vergleich der Wegstrecken sind in Abbildung 2 zusammengefasst. Die große Streuung der Messung beim Autopulse auf der Wegstrecke Bergtuch/Treppe wie oben erwähnt am ehesten auf Störungen der Messungen zurückführbar.

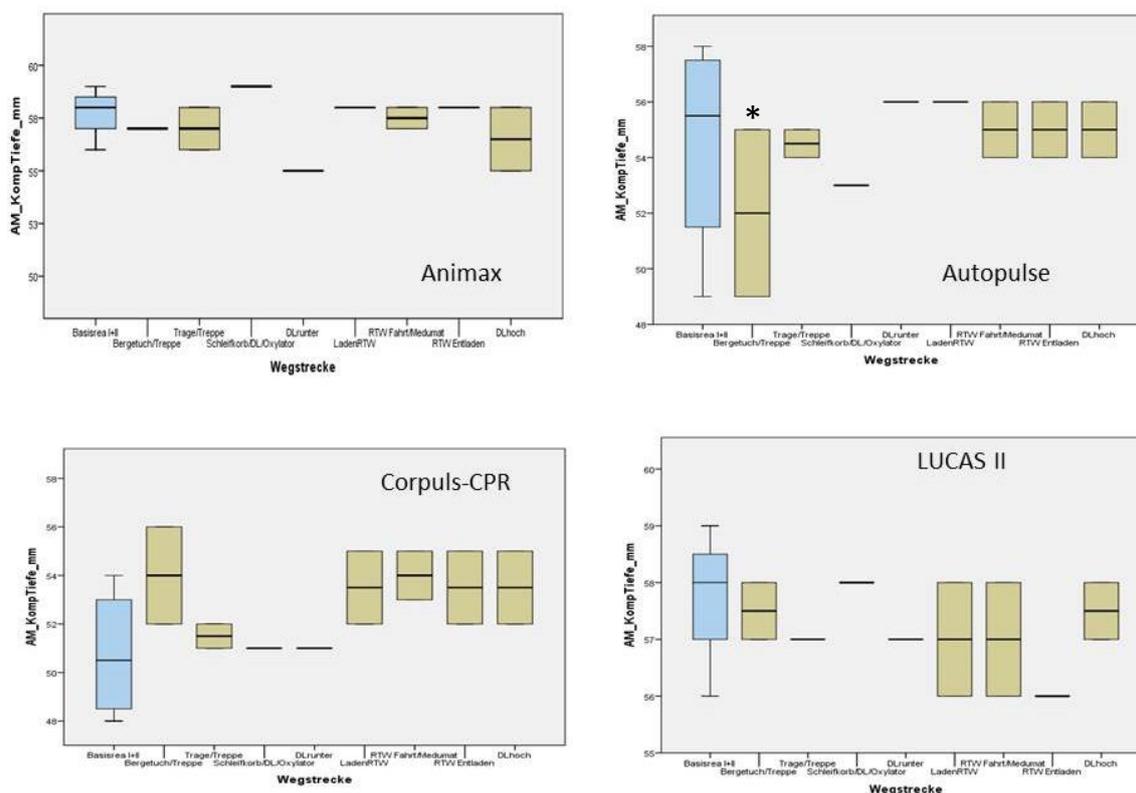


Abbildung 2: Kompressionstiefe in mm für die verschiedenen mCPR-Geräte auf den einzelnen Abschnitten der Transportstrecke. Akzidenteller Abbruch der ersten Messung nach 20 Sekunden (*). Die Aussagekraft der Messung auf diesem Streckenabschnitt ist daher vermindert.)

Die Kompressionstiefe betrug für den LUCAS II im Median 57mm (IQR 2,0); für den Animax 58mm (IQR 1,0); für den Corplus-CPR 52 mm (IQR 4,0) und für den Autopulse 55 mm (IQR 2,0). Da die Messmechanik des verwendeten Übungsmodells nicht für wissenschaftliche Untersuchungen kalibriert und ausgelegt ist, müssen die Ergebnisse allerdings kritisch bewertet werden (vgl. auch Diskussion der Ergebnisse zum „Anteil der leitliniengerecht erreichten Eindringtiefen“). Im Vergleich der exakten Kompressionstiefen zeigten alle Geräte eine Kompressionstiefe, die im Median innerhalb des Bereiches von 50 bis 60 mm lag. Die Kompressionstiefe aller Geräte entspricht somit auch unter Transportbedingungen den Empfehlungen der Reanimationsleitlinien entsprechen.

Weitere sekundäre Endpunkte

Im Rahmen des Praxistest wurden weitere sekundäre Endpunkte betrachtet:

1. Messung weiterer Qualitätskriterien für eine qualitativ hochwertige Herzdruckmassage (Frequenz und Kompressions/Dekompressionsverhältnis).
2. Bewertung der Praxistauglichkeit durch die Anwender
3. Sicherheit der Tubuslage unter mCPR beim Transport
4. Qualitative Beschreibung von festgestellten Problemen und Hindernissen bei der Anwendung des jeweiligen Gerätes unter Transportbedingungen.

Qualitätskriterien HDM: Frequenz

Die Frequenz von LUCAS II und Corpuls-CPR zeigten sich mit 102/Min bzw. 100/Min als konstant. Der Autopulse zeigte im Median eine Frequenz von 80/Min (IQR 0). Diese Frequenz ist herstellerseitig festgelegt. Laut Hersteller Auskunft ist die Frequenz aufgrund der verwendeten Technik mit der zirkulären Thoraxkompression durch das LDB für eine suffiziente Herzdruckmassage ausreichend. Klinische Studiendaten dazu liegen uns nicht vor. Alle verfügbaren Studiendaten gehen auf Tiermodelle zurück. Die gemessene Frequenz beim handbetriebenen Animax zeigte die größte Schwankungsbreite. Trotzdem konnte im Median eine Frequenz von 100 (IQR 9) erreicht werden, die aber eine deutliche Streuung zeigt (Abbildung 2). Es ist anzumerken, dass durch die Anwender während des Praxistests phasenweise das Reanimationsmetronom des LP15 verwendet wurde. Anwender berichteten, dass dadurch die Konstanthaltung der Frequenz und des angestrebten Kompressions/Ventilationsverhältnis deutlich erleichtert wurde und der Bediener der Pumpe besser an der Teamkommunikation teilnehmen konnte.

Die Verteilung der Daten auf den einzelnen Abschnitten der Transportstrecke ist in Abbildung 2 dargestellt. Die große Streuung der Messung beim Autopulse auf der Wegstrecke Bergetuch/Treppe ist auf eine unvollständige Messung auf diesem Streckenabschnitt zurückführbar, weil es im ersten Durchgang der Messungen nach 20 Sek. zur Diskonnektion des Datenkabels kam, wodurch die Messung abbrach. Daraus ergibt sich eine große Varianz in den zwei Messungen, die nicht auf das Gerät zurückgeführt werden kann, sondern der geringen Datenmenge geschuldet ist. Auf allen anderen Abschnitten der Transportstrecke zeigt das Gerät ebenfalls eine konstante Frequenz.

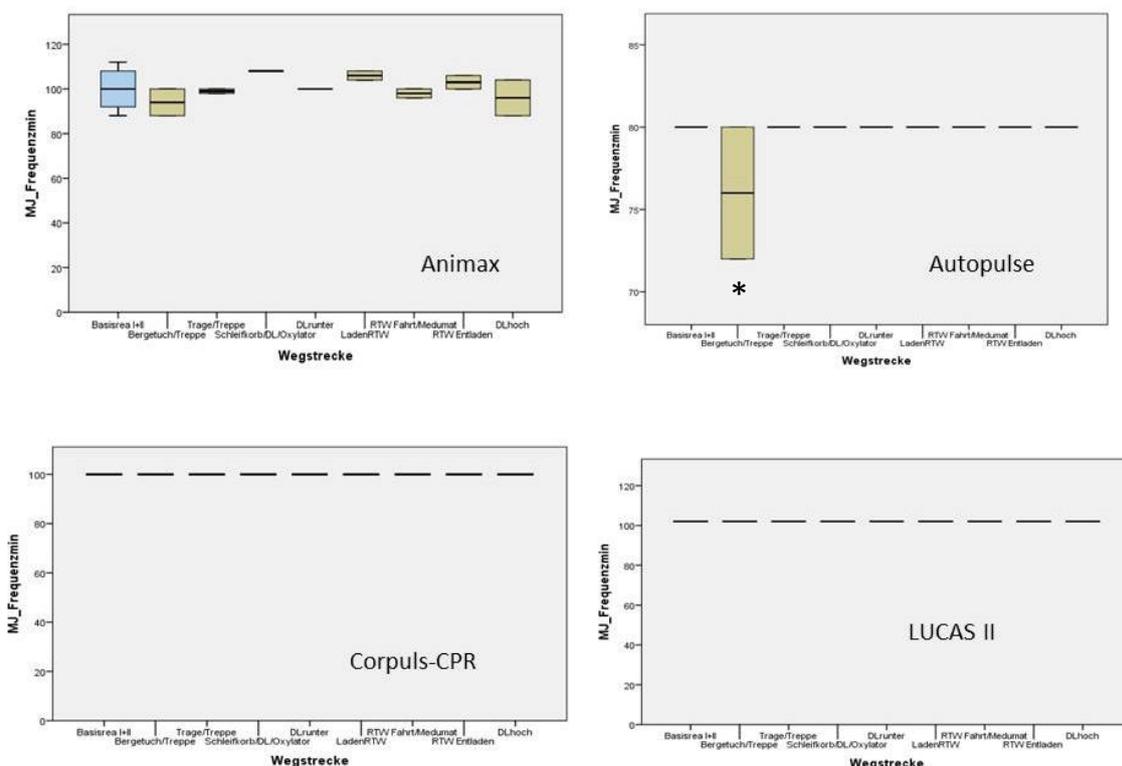


Abbildung 2: Frequenz der verschiedenen mCPR-Geräte auf den einzelnen Abschnitten der Transportstrecke. Akzidenteller Abbruch der ersten Messung nach 20 Sekunden (*). Die Aussagekraft der Messung auf diesem Streckenabschnitt ist daher vermindert.)

Qualitätskriterien HDM: Kompressions-Ventilations-Verhältnis 30:2

Zur Bestimmung des Kompressions-Ventilationsverhältnis wurden die Daten dichotomisiert. War das Kompressions/Ventilationsverhältnis, berechnet als Mittelwert aus Kompressionen und Ventilationen jedes einzelnen Zyklus, mit 30:2 exakt eingehalten, so wurde die Messung als „30:2 OK“ kategorisiert. War entweder die mittlere Beatmungs- oder Kompressionsfrequenz höher oder niedriger als die Vorgabe 30:2, so wurde die Messung mit „Kein 30:2“ kategorisiert.

Das Ergebnis für alle Abschnitte der Transportstrecke einschließlich der stationären Reanimation ist in Tabelle 2 zusammengefasst. Bei näherer Betrachtung der Daten zeigte sich, dass Abweichungen vom Ventilations-Kompressionsverhältnis sowohl auf die unterschiedlichen Konzepte (automatische Pause versus manuelle Pause) und auf fehlerhafte oder fehlerhaft gemessene Beatmungen zurückgeführt werden können. Wie oben gezeigt, waren die Kompressionsfrequenzen konstant, so dass Abweichung von einem 30:2 Kompressi-

ons/Ventilationsverhältnis aufgrund von Frequenzschwankungen nur beim Animax beobachtet wurden.

mCPR-Gerät	30:2 OK	KEIN 30:2
Animax	40%	60%
LUCAS II	86,7%	13,3%
Corpuls-CPR	87,5%	12,5%
Autopulse	93,3%	6,7%

Tabelle 2: Verhältnis aus erreichter Zielvorgabe beim Kompressions/Ventilationsverhältnis 30:2 für die verschiedenen Geräte kumulativ im Verlauf der gesamten Transportstrecke einschließlich Basisreanimation.

Bewertung der Praxistauglichkeit durch die Anwender

Die subjektive empfundene Zufriedenheit der Probanden wurde mittels visueller Analogskala von 1 (= absolut ungeeignet) bis 10 (= hervorragend geeignet) erhoben. Betrachtet wurden die Ergebnisse der Probanden im Transportteam (ohne Drehleiter-Maschinisten) für die Fragen nach der Zufriedenheit beim Tragen (Treppe/Wohnung) und beim Verladen in/aus dem RTW sowie beim Drehleitereinsatz und der Gesamtwertung für den Einsatz in Zusammenschau aller Elemente (für die beiden letztgenannten Fragen wurden die Antworten aller Probanden einschließlich DL-Maschinisten betrachtet). Mit dem Kruskal-Wallis-H-Test ergab sich für alle Fragen ein deutlicher Unterschiede in der Lage der Verteilung zwischen den Antworten. Die post-hoc Analyse zeigte, dass die Probanden in allen Fragen nach der Zufriedenheit im Umgang mit den Animax aus Sicht der Einsatzpraktikabilität für Einsatzindaktionen wie in der Einleitung aufgeführt etwas weniger zufrieden waren als mit den Geräten LUCAS II, Corpuls-CPR und Autopulse.

Bei der Frage nach der subjektiv wahrgenommenen, körperlichen Belastung während des Transportes gaben die Probanden des Transportteams (ausgenommen sind die nicht im Wiederbelebungsverfahren unmittelbar beteiligten Drehleiter-Maschinisten) im Median einen

Wert zwischen 4,0 und 4,5 auf der Borg-Skala von 0 bis 10 an. Das entspricht einer „etwas anstrengenden/ ziemlichen“ Belastung, die als deutliche körperliche Anstrengung wahrgenommen wird. Die Atmung ist deutlich beschleunigt, aber noch kontrollierbar. Es zeigte sich in Abhängigkeit des verwendeten mCPR-Gerätes kein signifikanter Unterschied zwischen den Geräten. Insbesondere bei Anwendung des Animax gaben die Probanden keine vermehrte körperliche Anstrengung an, obwohl das Gerät im Gegensatz zu den anderen Geräten mit Muskelkraft betrieben wird.

	Zufriedenheit Tragen (ohne DL-Maschinist)	Zufriedenheit Verladen RTW (ein- und ausladen ohne DL-Maschinist)	Zufriedenheit DL-Einsatz (alle)	Zufriedenheit Gesamt (alle)	Subjektiv wahrgenommen, körperliche Belastung (BORG-Skala) OHNE DL-Maschinisten
Animax	3,5 (IQR 4)	5,0 (IQR 4)	4,1 ±2,9	4,9 ±2,4	4,5 (IQR 3)
LUCAS II	9,0 (IQE 1)	10 (IQR 1)	9,1 ±1,5	9,1 ±1,1	4,0 (IQR 2)
Corpuls-CPR	9,5 (IQR 2)	9,0 (IQR 1)	9,1 ±1,1	8,4 ±1,3	4,0 (IQR 3)
Auto-pulse	9,0 (IQR 1)	9,0 (IQR 2)	8,7 ±1,4	8,7 ±0,5	4,0 (IQR 3)
P-Wert	0,001	0,001	0,01	0,001	0,754

Tabelle 3: Antworten der Befragung der Probanden zur Zufriedenheit bei der Anwendung der verschiedenen Geräte und zur subjektiv wahrgenommenen Anstrengung auf der BORG-Skala.

Sicherheit der Tubuslage unter mCPR beim Transport

Unter Verwendung eines Thomas™ Endotracheal Tube Holder (Firma Laerdal) konnte zu keinem Zeitpunkt ein Verrutschen des Endotrachealtubus unter mCPR beim Transport festgestellt werden.

Qualitative Beschreibung: Probleme unter Transportbedingungen

Die Auswertung der Freitextkommentare bei der Befragung der Probanden und Beobachtungen während des Praxistests ergaben noch eine Reihe von Hinweisen, die bei der Bewertung der einzelnen mCPR-Geräte beachtet werden sollten. Da diese nicht direkt quantifizierbar sind, müssen diese Beobachtungen zurückhaltend bewertet werden.

Aufgrund des Antriebs mit Muskelkraft ist der Animax nicht immer uneingeschränkt einsetzbar. So konnten auf dem Streckenabschnitt „Schleifkorbtrage“ keine Thoraxkompressionen durchgeführt werden. Dafür wäre ein an der Schleifkorbtrage hängender Helfer nötig. Bei der Animax-Anwendung zeigten sich noch weitere Limitationen. Insbesondere wenn der Pumpenhebel über Kopf bedient werden muss, z.B. im Drehleiterkorb oder auf dem Tragengestell der RTW-Trage, würden Helfer mit einer geringen Körpergröße Schwierigkeiten haben, den Hebel zu erreichen bzw. vollständig in die Ausgangsposition zurück zu bringen.

Der Akkuwechsel bei den elektrisch betriebenen Geräten war bei LUCAS II und Corpuls-CPR im laufenden Betrieb problemlos möglich. Beim Autopulse ist beim Akkuwechsel eine erneute Gerätekalibration durch den Anwender erforderlich. Der Autopulse wurde von einigen Teilnehmern als „sperrig“ und „klobig“ kritisiert. Damit war vermutlich die ausladende Rückenplatte gemeint, welche die Bewegungsfreiheit der Helfer insbesondere im Kopfbereich einzuschränken kann. Auch das Platzieren auf der Trage muss exakt erfolgen. Einige Probanden äusserten sich explizit positiv über das Gerät und lobten das „flache“ Design.

Als „unbefriedigend“ bei Verwendung des Autopulse muss die Sicherung des Patienten auf der Transporttrage mit Sicherheitsgurten gewertet werden. Durch das LDB ist ein regelrechter Verlauf der Gurte nicht möglich. Mit allen anderen Geräten ist eine problemlose Sicherung des Patienten möglich. Die Hersteller vorgeschlagene Behelfslösung mit Kabelbindern erscheint uns keine erstrebenswerte Alternative.

Die Reanimation im fahrenden RTW konnte für alle Geräte protokollgemäß durchgeführt werden. Die Helfer konnten angeschnallt im Patientenraum sitzend die Reanimationsmaßnahmen fortsetzen.

Zusammenfassung des Praxistests

Alle getesteten Geräte waren prinzipiell gleichermaßen für die mCPR unter Transportbedingungen geeignet. Es waren keine Hinweise auf Einschränkungen bei der effektiven Thoraxkompressionen unter Transportbedingungen in den hier untersuchten Transportsituationen abzuleiten. Somit ist die Leistungsfähigkeit als gleichwertig anzusehen.

Die Geräte können insbesondere unter Transportbedingungen verrutschen. Wir fanden jedoch keine als klinisch relevant eingeschätzten Abweichungen vom vorgesehenen Druckpunkt. Es sind jedoch Unterschiede in der Ortstreue der Geräte zu verzeichnen.

Die Untersuchung stellte Abweichungen beim Kompressions/Ventilationsverhältnis und der Kompressionsfrequenz/Min fest. Diese ließen sich vor allem auf den Anwender zurückführen.

Trotz des Einsatzes eines mit Muskelkraft betriebenen mCPR-Gerätes war auf der hier getesteten Transportstrecke im Vergleich keine erhöhte körperliche Anstrengung nachweisbar. Insgesamt wurde das Gerät subjektiv von den Probanden in der Handhabung deutlich schlechter beurteilt als die anderen Geräte. Keine Aussagen können zum Ressourceneffekt der Bindung eines Teammitglieds zur Bedienung des rein mechanischen Gerätes gemacht werden, sind jedoch in eine Gesamtbewertung mit einzubeziehen. Aus dem Praxistest lassen sich jedoch Hinweise auf eine eingeschränkte Bedienbarkeit in extremen Einsatzsituationen (Schleifkorbtrage, DL-Einsatz, Überkopfarbeiten bei Mitarbeitern mit minderer Körpergröße) ableiten. Hier ist auch zu berücksichtigen, dass bisher keine geeignete Beatmung unter mCPR empfohlen werden kann. Die unter supraglottischer Atemwegssicherung von den ÄLRD Bayern empfohlene manuelle Beatmung mit einer Kompressions-Ventilationsfrequenz 30:2 würde eine weitere Person binden. Dies würde bestimmte Transportkonstellationen deutlich erschweren oder unmöglich machen.

Die Notwendigkeit zur differenzierten Verwendung unterschiedlicher Stempel beim Corpuls-CPR ist als eine potentielle Fehlerquelle zu werten.

6. Schulungsaufwand

Neben der vorgeschriebenen Einweisung in das Medizinprodukt wird eine Schulung von theoretischen Grundlagen und praktischer Anwendung als erforderlich angesehen.

Neben der zwingend erforderlichen Einweisung nach Medizin-Produkte-Gesetz (MPG) wird eine einmalige Unterweisung zur Vermittlung theoretischer und praktischer Kenntnisse empfohlen. Darüber hinaus soll in jährlichen Reanimationstrainings die Anwendung trainiert werden.

Folgender Aufwand muss voraussichtlich bei Einführung einer mechanischen Reanimationshilfe veranschlagt werden:

1. Einmalige MPG-Einweisung **30 min**
2. Einmalige Unterweisung für Theorie und praktische Anwendung **60 Minuten**
3. Jährlicher Schulungsaufwand im Rahmen der bereits etablierten Reanimationsschulungen **15 Minuten**

Besondere Bedeutung ist auf das Teamtraining der häufig miteinander arbeitenden Teams einschließlich der Notärzte zu legen. Nur mit der Etablierung von trainierten Teams ist aus unserer Sicht eine effektive und sichere Anwendung der Technologie zu gewährleisten.

7. Vorhaltung

Um eine zeit- und bedarfsgerechte Verfügbarkeit mechanischer Reanimationshilfen (Arbeitsauftrag des ÄLRD-Ausschusses vom 19.01.2015) sicherstellen zu können, ist es notwendig, **alle arztbesetzten Rettungsmittel (NEF, NAW) mit Reanimationshilfen auszustatten.**

Nur so kann gewährleistet werden, dass in Abhängigkeit zu Situation, Indikation und therapeutischer Dynamik eine mechanische Reanimationshilfe an der Einsatzstelle verzögerungsfrei eingesetzt werden kann.

Alle alternativ diskutierten Konstrukte zum (ggf. nachträglichen) Zubringen einer Reanimationshilfe (ELRD, zusätzliche mCPR-Einsatzfahrzeuge, dislozierte Vorhaltung, z.B. an Krankenhäusern, etc.) werfen zahlreiche Fragen und Probleme (Doppel-Verplanung von Kapazitäten, Kommunikation, Organisation, Gerätezugriff, Schulung, etc.) bzw. erheblich mehr Kosten auf und wurden letztlich als nicht praktikabel bewertet.

8. Zusammengefasste Empfehlungen zur Vorhaltung einer mechanischen Reanimationshilfe im Rettungsdienst Bayern

Aufgrund der Studiendaten sowie des durchgeführten Anwendertests sind die **getesteten Geräte allesamt grundsätzlich als geeignet anzusehen**. Es bestehen **Unterschiede bei der Anwendbarkeit**.

Zusammengefasst können folgende zentrale Empfehlungen ausgesprochen werden:

1. Es soll eine Vorhaltung auf **allen arztbesetzten Rettungsmitteln** erfolgen.
2. Der Einsatz der Geräte muss **unter Transportbedingungen** (z.B. Treppenhaus) **anwenderfreundlich, komplikationsfrei und sicher** sein. Einsatzsituationen wie Schleifkorbtragen- und Drehleiterrettung müssen einsatztaktisch jederzeit möglich sein.
3. Eine zusätzliche Personalbindung stellt – insbesondere bei noch zusätzlich erforderlicher manueller Beatmung - einen Nachteil dar. Wir empfehlen deshalb ein **elektrisch betriebenes Gerät**. Die möglichen **Betriebstemperaturen** sollen berücksichtigt werden.
4. Wir empfehlen ein Gerät, dass auf einer Standard-Rettungsdiensttrage **mit den vorhandenen Sicherungsgurten** sicher und ohne provisorische Hilfsmittel **fixiert werden kann**.
5. Wir empfehlen ein Gerät mit **automatisierter Vorgabe von Frequenz und Beatmungspausen**, um diesbezügliche Anwenderfehler zu minimieren. Die Möglichkeit, bei Leitlinienänderungen diese Zeitsteuerung anzupassen, soll dabei mit berücksichtigt werden.
6. Wir empfehlen, neben der **Einweisung nach MPG** eine **theoretische und praktische Unterweisung** in der Anwendung durchzuführen. Diese soll das Team in die Lage versetzen, die Geräte sicher und leitliniengerecht anzuwenden. Die Kosten sind bei der Beschaffung mit zu kalkulieren.
7. Wir empfehlen, **nachrangig die Verlastbarkeit zu berücksichtigen**.
8. Im Rahmen des gesetzlichen Qualitätsmanagementes der ÄLRD Bayern sollte eine entsprechende, einsatzbezogene **Dokumentation** nach der Anwendung von mechanischen Reanimationshilfen den ÄLRD Bayern zur Verfügung gestellt werden.

Abkürzungsverzeichnis

HDM	Herz-Druck-Massage
LDB	Load Distribution Band
MPG	Medizinproduktegesetz
% w/w	Massenprozent, beschreibt relative Masse einer Komponente an der Gesamtmasse des Stoffgemisches.“
IQR	Interquartilenabstand