

Aus der Klinik für Neonatologie  
der Medizinischen Fakultät der Charité - Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

**Auswirkungen von Material und Training  
auf die richtlinienkonforme Neugeborenenreanimation  
im Kreißsaal**

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor medicinae (Dr. med.)

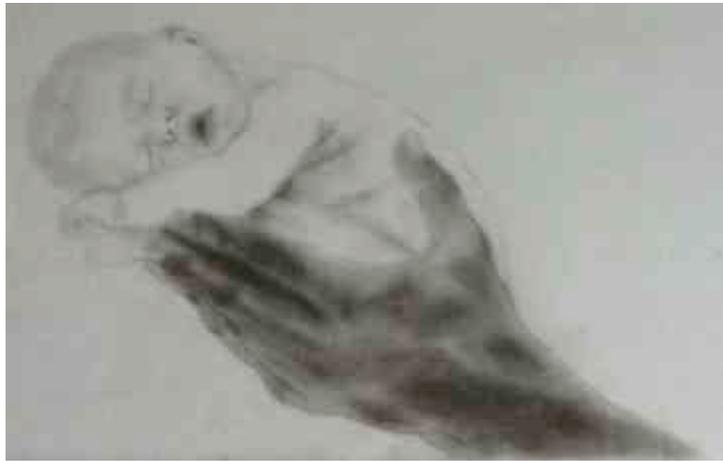
vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité - Universitätsmedizin Berlin

von

Simone Katrin Dold

aus Villingen-Schwenningen

Datum der Promotion: 30.05.2015



*The time to act on behalf of every infant born is now.*

*George Little 2010*

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Abstrakts</b> .....	<b>4 - 6</b>
<b>2 Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>7</b>
<b>3 Zusammenfassung der Pubilkationspromotion</b> .....	<b>8</b>
3.1 Einführung.....	8
3.2 Methodik .....	9
3.2.1 Messmethodik .....	9
3.2.2 Manuelle Beatmungsgeräte .....	10
3.2.3 Probanden.....	10
3.2.4 Versuchsaufbau .....	10
3.2.5 Datenerhebung und statistische Analyse.....	11
3.3 Ergebnisse .....	13
3.4 Diskussion .....	16
3.5 Literaturverzeichnis.....	23
<b>4 Eidesstattliche Versicherung einschließlich Anteilserklärung</b> .....	<b>25</b>
4.1 Publikation 1 .....	26
4.2 Publikation 2 .....	26
4.3 Publikation 3 .....	26
<b>5 Publikationen</b> .....	<b>28</b>
5.1 Publikation 1: Time to adjust to changes in ventilation settings varies significantly between different T-piece resuscitators, self-inflating bags, and manometer equipped self-inflating bags.....	28
5.2 Publikation 2: Manual neonatal ventilation training: a respiratory function monitor helps to reduce peak inspiratory pressures and tidal volumes during resuscitation .....	35
5.3 Publikation 3: Neonatal cardiopulmonary resuscitation: can it be improved by playing a musical prompt? A pilot study .....	39
<b>6 Lebenslauf</b> .....	<b>43</b>
<b>7 komplette Publikationsliste</b> .....	<b>45</b>
7.1 Publikationen.....	45
7.2 Publizierte Abstrakts und Kongressbeiträge .....	46
<b>8 Danksagung</b> .....	<b>48</b>

# **1 Abstrakts**

## **1.1 Abstrakt (Deutsch)**

### **Einleitung**

Der Großteil der Neugeborenen im Kreißsaal adaptiert sich unkompliziert nach der Geburt. Eine Atemunterstützung benötigen 10%, eine Reanimation ist bei < 1% aller Geburten notwendig und bleibt damit ein sehr seltenes Ereignis. Dennoch müssen die Ausführenden die Technik und Handhabung der Geräte beherrschen und mit regelmäßigem Training auf den Ernstfall vorbereitet sein. Die Grundlage für das Training bildet die von dem International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) erstellten Richtlinien. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, den Einfluss verschiedener medizinischer Hilfsmittel auf die geleistete Atemunterstützung während der Reanimation zu untersuchen und Möglichkeiten zur Verbesserung des Trainings der simulierten Neugeborenenreanimation zu evaluieren.

### **Methodik**

Durchgeführt wurden in vitro Studien zur Neugeborenenreanimation, in denen wir die Handhabung diverser Materialien wie den selbst-entfaltenden Beutel (SIB, mit und ohne Manometer (SIB / SIBM, FA. Ambu) und verschiedene T-Stück-Beatmungsgeräte (TPR1: Perivent, FA. F&P Healthcare, TPR2: Panda, FA. GE Healthcare), sowie das Reanimationstraining mit Visualisierung der erzeugten Parameter und unter Verwendung eines musikalischen Taktgebers untersuchten. Verwendet wurde ein Simulationspüppchen, welches einem 1000 g Frühgeborenen nachempfunden war. Die Messungen von applizierten Spitzendrücken (PIP) während Standardsimulation und unter konsekutiver Adjustierung der Zieldrücke sowie Tidalvolumen (Vt) und Beatmungsfrequenz (MI) wurden mittels Pneumotachographen, die Thoraxkompressionen (CC) mit einem manuellem Zählgerät aufgezeichnet.

### **Ergebnisse**

Hinsichtlich Handhabung der verschiedenen manuellen Beatmungsgeräte konnte gezeigt werden, dass der SIB den TPR-Geräten in der zeitlichen Adjustierung des PIP signifikant überlegen ist (PIP von 20 auf 25 cmH<sub>2</sub>O TPR1 (F&P) 7,5s; TPR2 (GE) 6,5s; SIB 3,9s, SIBM 3,4s, von 25 auf 40 cmH<sub>2</sub>O TPR1 18,8s, TPR2 12,7s, SIB 4,4s, SIBM 3,4s). Deutlich konstantere PIP-Werte wurden allerdings mit den TPR appliziert. Durch Training konnte eine statistisch signifikante Reduktion der PIP und Vt-Werte erzielt werden (von 32,3 cm H<sub>2</sub>O / 6,7 ml auf 17,8 cm H<sub>2</sub>O / 3,5 ml auf 18,7 cm H<sub>2</sub>O / 4,1ml). Der musikalische Taktgeber verbesserte die Koordination der kardiopulmonalen Reanimation signifikant hin zu dem empfohlenen 3:1 Verhältnis von

Thoraxkompressionen (CC: 115 zu 96/min) und manuellen Inflationen (MI: 38 zu 32 /min). Außerdem wurde die Variabilität zwischen den Anwendern bei den CC um 86% und die der MI um 60% reduziert.

### **Schlussfolgerung**

In den klinischen Alltag lassen sich aus unseren Studien folgende Erkenntnisse übertragen: Anwender können durch Verwendung des SIBM eine schnellere Anpassung des PIP gewährleisten, wohingegen eine zuverlässigere Applikation desselben und des Vt mit einem TPR gewährleistet wird. Wiederholtes Training und musikalische Taktgeber können dabei helfen dem Anwender mehr Sicherheit in der richtlinienkonformen Reanimation zu geben.

## **1.2 Abstract (Englisch)**

### **Introduction**

The transition from intrauterine to extrauterine life requires a complex physiological process, nevertheless most neonates manage to go through it on their own. Only 10% need respiratory assistance. Neonatal cardiopulmonary resuscitation (CPR) including chest compressions (CC) is with < 1% a rare event in the delivery room. However medical staff needs to be proficient in neonatal CPR and in handling the different devices. Training, based on international resuscitation guidelines, helps to be skilled for these infrequent events. The aim of this thesis is to assess the effect of different medical devices on manual ventilation during neonatal resuscitation and to evaluate strategies to improve simulated neonatal resuscitation training.

### **Methods**

We studied practical handling of different devices for manual ventilation and simulated neonatal resuscitation training, while visualising generated parameters and using a musical prompt. We used a 1000g preterm neonate manikin to measure positive inspiratory pressures (PIP), tidal volume (Vt) and manual inflations (MI) with a respiratory function monitor (RFM) and CC using a tally counter.

### **Results**

Regarding handling the different devices for PIP adjustment, there was less time needed when using SIB (PIP from 20 to 25 cmH<sub>2</sub>O TPR1 (F&P) 7.5s; TPR2 (GE) 6.5s; SIB 3.9s, SIBM(SIB with manometer) 3.4s, from 25 to 40 cmH<sub>2</sub>O TPR1 18.8s, TPR2 12.7s, SIB 4.4s, SIBM 3.4s). When using TPR staff could stay closer to target PIPs. With regard to training PIP and Vt-values could significantly be reduced (from 32.3 cm H<sub>2</sub>O / 6.7 ml to 17.8 cm H<sub>2</sub>O / 3.5 ml to 18.7 cm H<sub>2</sub>O / 4.1ml). 3:1 Coordination of CC (115 to 96/min) and MI (38 to 32/min) during CPR was significantly better with use of a musical prompt. Apart from that interindividual variability could be reduced about 86% regarding CC and 60% regarding MI.

### **Take home points**

For every day use: Staff can adjust PIP faster with SIBM (SIB+maonometer) PIP were closer to target values using TPR. Routine training and a musical prompt can help to feel more confident performing neonatal CPR.

## **2 Abkürzungsverzeichnis**

CC - Thoraxkompressionen (engl. cardiac compressions)

CPR - Kardio-Pulmonale Reanimation (engl. cardiopulmonary resuscitation)

FA. – Firma

FIB - Fluss-entfaltende Beutel (engl. flow-inflating bag)

GE - General Electrics

F&P - Fisher & Paykel

ILCOR - International Liaison Committee on Resuscitation

IQR - Interquartilsabstand (engl. inter-quartile range)

MI - manuelle Beatmungshübe (engl. manual Inflations)

Min – Minute (engl. Min)

PEEP - positiver end-expiratorischer Druck (engl. positiveratorischer Spitzendruck (engl. positive inspiratory pressure)

RFM - Beatmungsmonitor (engl. respiratory function monitor)

Sek – Sekunde (engl. s)

SIB - selbst-entfaltende Beutel (engl. self-inflating bag)

TPR - T-Stück-Beatmungsgerät (engl. T-Piece-Resuscitator)

Vt - Tidalvolumen (engl. tidal volume)

## **3 Zusammenfassung der Publikationspromotion**

### **3.1 Einführung**

Die kardiopulmonale Reanimation (CPR) Neugeborener im Kreißsaal ist ein sehr seltenes, mit hoher Morbidität und Mortalität vergesellschaftetes Ereignis. Ein Großteil der Neugeborenen adaptiert sich im Kreißsaal ohne Hilfe. Eine Form der Atemunterstützung benötigen circa 10% der Neonaten, wohingegen die CPR bei weniger als 1% von Nöten ist. Aufgrund der Seltenheit dieses Ereignisses ist es auch bei erfahrener Fachpersonal schwierig, die nötige Routine in der Neugeborenenreanimation zu erlangen [1, 2] und die von ILCOR vorgegebenen Zeitintervalle einzuhalten. [3].

Im Jahr 1992 gründete sich das International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) als ein Zusammenschluss verschiedener nationaler Reanimationsorganisationen. Dieses Komitee erstellt seither internationale Reanimationsrichtlinien.

Hinsichtlich der Neugeborenenreanimation empfiehlt ILCOR derzeit für die manuelle Beatmung den Gebrauch von selbst-entfaltenden Beuteln (SIB), Fluß-entfaltenden Beuteln (FIB) und T-Stück Beatmungsgeräte (TPR), ohne dabei einem der Geräte den Vorzug zu geben [4-6].

Bleibt trotz adäquater Atemunterstützung die Herzfrequenz nach 30 Sekunden weiterhin unter 60/min, soll die Herzdruckmassage mit einem 3:1 Verhältnis von Thoraxkompressionen (CC) und Beatmungshüben (MI) begonnen werden. Es ergeben sich 90 CC und 30 MI. Die CPR kann sowohl in der 1- als auch der 2- Helfer-Methode durchgeführt werden. Schwierigkeiten entstehen hierbei vor allem in der Koordination der Synchronisation von CC und MI. Studien zur Simulation der Erwachsenenreanimation konnten zeigen, dass Musik dabei helfen kann das Reanimationstraining zu verbessern und die Reanimationsaktionen besser zu koordinieren [7].

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es:

- 1) Zu prüfen, welches der häufig verwendeten manuellen Beatmungsgeräte in der Handhabung am besten zur koordinierten Neugeborenenreanimation geeignet ist.
- 2) Medizinisches Fachpersonal auf das Vermeiden hoher PIP und Vt unter Verwendung des SIB zu trainieren und den Trainingseffekt auf die verbesserte Handhabung an diesem Beispiel zu evaluieren.
- 3) Zu untersuchen, ob der Einsatz von Musik als Taktgeber dabei helfen kann, das vorgegebene Verhältnis von CC und MI während der neonatalen Reanimation besser einzuhalten und zu koordinieren?

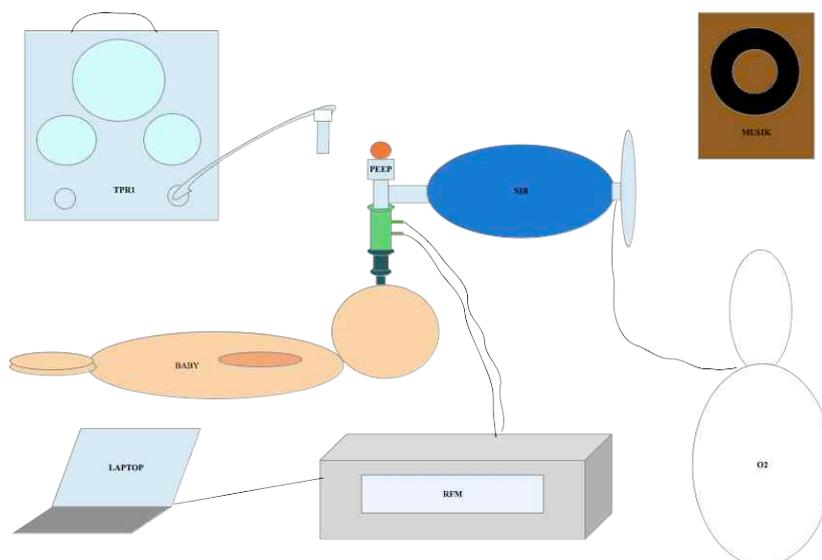
### 3.2 Methodik

In den durchgeführten Modellstudien wurden die Einflüsse der während der CPR verwendeten Materialien und des Trainings auf die richtlinienkonforme Neugeborenenreanimation evaluiert. Hierzu wurde zunächst die Anwenderfreundlichkeit verschiedener manueller Beatmungsgeräte hinsichtlich Handhabung und Genauigkeit miteinander verglichen, um herauszufinden, welches sich am besten für eine koordinierte CPR eignet. In einem zweiten Versuch erörterten wir den Effekt von Training auf die richtlinienkonforme CPR. Im letzten Versuch untersuchten wir den Einfluss musikalischer Taktgeber auf die Durchführung der CPR am Modell.

#### 3.2.1 Messmethodik

Den von uns durchgeführten in-vitro Beobachtungsstudien liegt ein leckfreies Modell (aus dem Englischen übernommen fortan als „Manikin“ bezeichnet) mit integrierter  $0,2\text{ml}\cdot\text{cm H}_2\text{O}^{-1}$  Testlunge, Compliance  $0,2\text{ml/kPa}$  (Fisher & Paykel Healthcare, Auckland, Neuseeland;), zugrunde. Das Modell ist einem 1000 g Frühgeborenen nachempfunden. Um Messgenauigkeiten durch unkontrolliert entweichenden Gasstrom (Leckagen) vorzubeugen, ist unser Simulationsmodell intubiert und somit direkt mit dem jeweiligen manuellen Beatmungsgerät verbunden.

Zwischen Beatmungsgerät und Manikin wurde jeweils ein Flowsensor zwischengeschaltet, welcher die erzeugten Flusskurven in einen Beatmungsmonitor ((CO<sub>2</sub>SMO® Plus, Novamatrix, Medical Systems, Wallingford Connecticut, USA) in den Versuchen 1 und 2 verwendet, bzw. ein Respiratory Function Monitor (RFM), Fisher & Paykel Healthcare, Auckland, Neuseeland)) einspeiste und mit einem Laptop zur Datenerhebung verbunden war.



**Abbildung 1:** Versuchsaufbau schematisch dargestellt

### **3.2.2 manuelle Beatmungsgeräte**

Insgesamt kamen drei Varianten von manuellen Beatmungsgeräten zum Einsatz.

- 1) Mark IV Baby Resuscitator<sup>®</sup> (Ambu, Ballerup, Denmark) (SIB) (Versuch 1, und 2) / SIB mit Manometer (SIBM) (Versuch 1)
- 2) Perivent (Engl. Neopuff<sup>®</sup>; Fisher & Paykel, Auckland, New Zealand) (TPR1) (Versuch 1 und 3)
- 3) integriertes T-Stück Beatmungssystem eines Panda<sup>®</sup> Warmer (General Electrics Healthcare, Easton Turnpike Fairfield, Connecticut, United States) (TPR2) (Versuch 1)

### **3.2.3 Probanden**

Medizinisches Fachpersonal mit unterschiedlichem Erfahrungs- und Trainingsstand (entsprechend der jeweiligen Fragestellung) wurde bei lokalen und nationalen Fortbildungsveranstaltungen zum Thema Neugeborenenreanimation in den verschiedenen Szenarien getestet. Die Teilnahme erfolgte freiwillig und die Auswertung nach Anonymisierung der Teilnehmer.

### **3.2.4 Versuchsaufbau**

Zu Beginn der drei Studien wurden alle Teilnehmer theoretisch und praktisch im Rahmen nationaler Reanimationskurse in die Handhabung der Geräte eingewiesen.

#### **3.2.4.1 Versuch 1**

Ziel des 1. Versuchs ist es die Anwenderfreundlichkeit der oben beschriebenen SIB und TPR in Bezug auf die Handhabung durch eine Standardsimulation mit konsekutiver PIP-Adjustierung miteinander zu vergleichen um herauszufinden welches Gerät am besten zur koordinierten Neugeborenenreanimation geeignet ist. Hierzu bekamen die Versuchsteilnehmer die Vorgabe das oben beschriebene Simulationsmodell in zufällig generierter Reihenfolge mit den vier manuellen Beatmungsgeräten zu beatmen. Als angestrebte Beatmungsparameter legten wir einen PIP von 20 cm H<sub>2</sub>O, einen PEEP von 5 cm H<sub>2</sub>O sowie eine Atemfrequenz von 60/min fest. Die hierbei generierten Parameter wurden mittels RFM digital aufgezeichnet.

Jeder Teilnehmer adjustierte auf ein akustisches Signal den PIP von 20 auf 25 cm H<sub>2</sub>O und bei einem zweiten Signal auf 40 cm H<sub>2</sub>O. Unter Verwendung des SIB ohne Manometer konnte der PIP visuell nicht erfasst werden. Die Zeit bis zum Erreichen der vorgegebenen PIP-Werte wurde

erfasst und statistisch ausgewertet.

#### 3.2.4.2 Versuch 2

In diesem Versuch zur Analyse des Trainingseffekts sollten die Studienteilnehmer das Simulationsmodell mittels SIB mit einem angestrebten PIP von 20 cm H<sub>2</sub>O, einem Vt von 4-6ml/kg und einer Frequenz von 60/min beatmen. Die erzeugten Beatmungsparameter wurden mit einem Beatmungsmonitor je Messung 90 Sekunden lang erfasst (Messung 1, 2, 3) und später statistisch ausgewertet. Der Beatmungsmonitor und somit weder PIP noch Vt oder erzeugte Frequenz waren für die Teilnehmer während der Aufzeichnung sichtbar. Die Thoraxexkursionen des Modells konnten visuell wahrgenommen werden.

Im Anschluss erfolgte eine Schulung zur Vermeidung mechanischer Lungenschädigung. Hierbei wurden PIP und Vt mit einem Beatmungsmonitor (engl. respiratory function monitor (RFM)) visuell demonstriert. Es schloss sich ein Training mit am Monitor sichtbaren Druckkurven über einen Zeitraum von 3 Minuten an.

Nach dem Training wurde der Beatmungsmonitor wieder verdeckt und die erzeugten PIP und Vt erneut aufgezeichnet. (Messung 2)

4 Wochen später führten wir eine Wiederholung der Messung durch und zeichneten die generierten PIP und Vt erneut auf. (Messung 3)

#### 3.2.4.3 Versuch 3

Bei dieser Studie bekamen die Teilnehmer die Vorgabe in zufällig zusammengestellten 2er Teams die kardiopulmonale Reanimation mittels 2-Helfer-Methode im 3:1 Verhältnis an oben beschriebenem Simulationsmodell durchzuführen. Hierbei sollten 90 CC mit der „2 Daumen“-Methode und 30 manuelle Beatmungen mit einem T-Stück Beatmungsgerät (TPR1) ausgeführt werden. Nach der Hälfte der Zeit wurde ein musikalischer Taktgeber (eine Radetzky-Marsch-Sequenz mit einem Takt von 110/min) laut vorgespielt. Die generierten Daten von PIP und Vt zeichneten wir jeweils 60 Sekunden lang mittels RFM auf (Messung 1 und 2) und werteten sie im Anschluss statistisch aus.

### **3.2.5 Datenerhebung und statistische Analyse**

Die Datenerhebung erfolgte mit dem jeweils verwendeten Pneumotachographen (CO<sub>2</sub>SMO<sup>+</sup>, Novamatrix Medical Systems, Wallingford, CT, USA bzw. Fisher & Paykel, Australia). Die statistische Auswertung wurde durch die Einspeisung der Daten in einen Laptop ermöglicht. Von

der CO<sub>2</sub>SMO<sup>+</sup> PLUS! Software wurden die Daten in Excel-Tabellen übertragen und im Anschluss mit statistischer Software, Stata (Intercooled 10, Statacorp, College Station, Texas, United States) Version, Ort, Land) oder SPSS (Version 16.0; SPSS Inc. Chicago, IL, USA), ausgewertet.

#### 3.2.5.1 Versuch 1

Für jeden Teilnehmer wurden 10 aufeinander folgende Beatmungszyklen aufgezeichnet. Hieraus konnten im Folgenden die medianen PIP, PEEP und Beatmungsfrequenzen berechnet und somit die intraindividuelle Variabilität aufgezeigt werden. Aus dem Median der zehn aufeinanderfolgenden Beatmungen wurde die prozentuale Abweichung vom Zielwert ( $100 \cdot (\text{tatsächlicher Wert} - \text{Zielwert}) / \text{Zielwert}$ ) und die Interquartilsrate (IQR) berechnet und hieraus die interindividuelle Variabilität erschlossen.

Um die gemessenen Drücke, Frequenzen und Zeiten miteinander vergleichen zu können wurden der Friedman-Test und der Wilcoxon-Mann-Whitney-Test für gepaarte Stichproben verwendet.

Die statistische Analyse erfolgte mit MEDCALC (Version 12.2.1.0, MedCalc Software, Mariakerke, Belgien). Einen p-Wert von  $< 0,05$  bewerteten wir als statistisch signifikant.

#### 3.2.5.2 Versuch 2

Zur Auswertung der jeweils aufgezeichneten 90 Sekunden verwendeten wir auch in dieser Studie den Median und die IQR. Im Anschluss folgte die Anwendung des Wilcoxon-Mann-Whitney-Test für gepaarte Stichproben, sowie des Chi-Quadrat-Test bzw. des exakten Fisher-Test. Um die Ergebnisse der Teilnehmer miteinander vergleichen zu können erfolgte die Berechnung der Medianwerte der Teilnehmer und anschließend die statistische Auswertung mittels SPSS, Version 16.0 (SPSS Inc. Chicago, IL, USA). Einen p-Wert von  $< 0,05$  bewerteten wir als statistisch signifikant.

#### 3.2.5.3 Versuch 3

Die Anzahl der CC und MI wurden in jeweils 60 Sekunden andauernden Messzyklen aufgezeichnet. In der Auswertung berechneten wir zunächst wieder den Median und die IQR. Im Anschluss verwendeten wir den Wilcoxon-Mann-Whitney-Test für gepaarte Stichproben. Die statistische Analyse erfolgte mit Stata (Intercooled 10, Statacorp, College Station, Texas, United States). Einen p-Wert von  $< 0,05$  bewerteten wir als statistisch signifikant.

### 3.3 Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der einzelnen Studien aufgeführt.

#### 3.3.1 Versuch 1

In dieser Studie zur Anwenderfreundlichkeit wurde evaluiert ob eines der verwendeten manuellen Beatmungsgeräte den anderen hinsichtlich koordinierter Applikation der MI während der Neugeborenenreanimation überlegen ist. Hierzu konnten 25 medizinische Fachangestellte als Studienteilnehmer gewonnen und in die Studie eingeschlossen werden.

Die applizierten Spitzendrücke (PIP) lagen im Median und der IQR unter Verwendung aller Beatmungsgeräte statistisch signifikant über den angestrebten 20 cm H<sub>2</sub>O (SIB 22,8 (19,9-34,2) cm H<sub>2</sub>O, SIBM 20,9 (20,0-21,6) cm H<sub>2</sub>O, TPR1 20,4 (20,2-20,5) cm H<sub>2</sub>O, TPR2 20,4 (20,2-21,2) cm H<sub>2</sub>O). Durch Verwendung des SIBM und der TPR wichen die erzeugten PIP weniger als 5% vom Zielwert ab, bei Verwendung eines SIB, erhöhte sich die Abweichung allerdings signifikant auf 14% (p=0,007). Die intraindividuelle Abweichung zeigte eine Spannweite von 7,2 cm H<sub>2</sub>O (TPR1: 0,2 cm H<sub>2</sub>O, TPR2: 0,9 cm H<sub>2</sub>O, SIBM: 3,8 cm H<sub>2</sub>O). Die interindividuelle Variabilität, dargestellt als IQR lag bei 71% (TPR1: 2%, TPR2: 5%, SIBM 8%). Es fanden sich die höchsten intra- und interindividuellen Unterschiede bei der Benutzung des SIB. Wurde jedoch ein Manometer integriert, reduzierte sich dieser Effekt in der intraindividuellen Abweichung um den Faktor 2 und in der interindividuellen Abweichung um den Faktor 10. Alle Geräte, mit Ausnahme des SIBM, generierten PEEP-Werte, die unterhalb des angestrebten PEEP-Wertes von 5 cm H<sub>2</sub>O lagen (SIB 4,6 (4,4-5,0) cm H<sub>2</sub>O, SIBM 5,0 (4,8-5,2) cm H<sub>2</sub>O, TPR1 4,9 (4,7-5,2) cm H<sub>2</sub>O, TPR2 4,6 (4,3-4,8) cm H<sub>2</sub>O). Bei Verwendung des SIB und des TPR2 zeigten sich Werte, die zwar statistisch signifikant unterhalb des angestrebten PEEP-Wertes lagen, jedoch keine klinisch relevante Variabilität aufwiesen.

Die mediane Beatmungsfrequenz lag bei allen 4 Geräten statistisch signifikant unter den angestrebten 60/Minute, vor allem unter Verwendung der beiden TPR-Geräte (SIB 55,0 (34,7-76,0)/min, SIBM 54,0 (39,7-73,0)/min, TPR1 47,7 (37,7-57,2)/min, TPR2 43,7 (34,2-59,5)/min). Intraindividuell zeigten sich keine signifikanten Unterschiede, wohingegen interindividuell vor allem unter Verwendung des SIB die IQR um 69% vom Zielwert abwich (SIBM 55%, TPR 33%, TPR2 42%). Die erforderliche Zeit um den PIP von 20 auf 25 und von 25 auf 40 cm H<sub>2</sub>O zu erhöhen, unterschied sich signifikant (p<0,001) zwischen den 4 Geräten für beide Adjustierungen. Die Teilnehmer konnten den PIP mit dem SIB deutlich schneller auf die angegebenen Werte einstellen (SIB 3,9s / 4,4s) als mit den TPRs (TPR1 7,5s / 18,8s; TPR2 6,5s /

12,7s). Das Anbringen eines Manometers reduzierte die benötigte Zeit noch weiter (SIBM 3,4s / 3,4s). Vergleicht man die beiden TPR-Geräte, so ist der Zeitaufwand für die zweite Druckanpassung mit dem TPR1 signifikant größer, da hierbei ein Sicherheitsmechanismus überwunden werden muss ( $p < 0,001$ ).

### **3.3.2 Versuch 2**

Ziel der Studie zum Trainingseffekt war es die Probanden ohne Trainingserfahrung in der Durchführung der richtlinienkonformen Reanimation zu schulen und den Trainingseffekt nach vorgegebener Zeit zu evaluieren.

Insgesamt konnten wir 37 Teilnehmer ohne Vorkenntnisse im visuellem Simulationstraining einschließen. Die Anzahl (n) der ausgewerteten Flußkurven lag bei 6122.

Vor Trainingsbeginn zeigte sich bei einem vorgegebenen Ziel-PIP von 20 cm H<sub>2</sub>O ein medianer Spitzendruck von 32,3 cm H<sub>2</sub>O (4,2-44 cm H<sub>2</sub>O). Direkt nach dem Training konnte eine signifikante Reduktion des PIP auf 17,8 cm H<sub>2</sub>O (9,6-23,6 cm H<sub>2</sub>O) ( $p = 0,001$ ) verzeichnet werden. Ein Monat nach Training zeigte sich ein zum Ausgangswert noch immer signifikant niedriger PIP von 18,7 cm H<sub>2</sub>O (7,5-41,6 cm H<sub>2</sub>O) ( $p = 0,001$ ).

Maximale Spitzendrücke  $> 25$  cm H<sub>2</sub>O zeigten sich bei 65% der Teilnehmer zu Beginn, bei 0% unmittelbar nach und bei 22% einen Monat nach dem Training ( $p < 0,001$ ).

Gleichzeitig reduzierte sich auch das Vt signifikant von einem medianen Wert von 6,7 ml (2-10,2 ml) vor Trainingsbeginn auf 3,5 ml (1,8-7,3 ml) unmittelbar nach ( $p < 0,001$ ) und 4,1 ml (1,9-9,7 ml) einen Monat nach dem Training ( $p = 0,001$ ).

Maximale Vts  $> 5$  ml wurden bei 68% vor Training, 8% direkt nach dem Training und 30% einem Monat nach Training registriert ( $p < 0,001$ ).

### **3.3.3 Versuch 3**

In der sog. Musikstudie sollte der Effekt des Radetzky marsches auf die richtlinienkonforme Durchführung der neonatalen kardiopulmonalen Reanimation erhoben werden. Unserer Studie orientierte sich an den Vorgaben der aktuellen ILCOR-Richtlinien zur neonatalen CPR mit einem 3:1 Verhältnis von 90 CC und 30 MI pro Minute mittels 2-Helfer Methode.

Wir erhoben die Daten von 36 medizinischen Fachangestellten. Insgesamt wurde eine Gesamtheit von 2514 MI und 7678 CC analysiert mit einer mittleren Anzahl von 213 (196 - 229) CC und 70 (66 - 76) MI pro Teilnehmer. Bei einer Ausgangsmessung ohne Musik lag die Frequenz der CC und MI deutlich über dem vorgegebenen Zielwert. Außerdem konnte eine hohe

Variabilität zwischen den einzelnen Teilnehmern aufgezeigt werden. Der Median-Wert betrug ohne Musik 115 (100-129) CC und 38 (32-42) MI ( $p < 0,002$ ). In der mit Musik hinterlegten Messung betrug die IQR 96 (96-100) CC und 32 (30-34) MI ( $p < 0,001$ ). Mit Musik reduzierte sich außerdem die interindividuelle Variabilität der CC um 86% und die der MI um 60%. Mit einem musikalischen Taktgeber konnte eine statistisch signifikante Annäherung an die empfohlene Taktfrequenz von 90 CC und 30 MI erreicht werden.

Anhand der folgenden Tabelle soll der Effekt der einzelnen Studien auf die Durchführung einer richtlinienkonformen Reanimation erläutert werden.

<b>Einflussgröße</b>	<b>Betreffende ILCOR-Vorgabe</b>	<b>Ergebnis pro</b>	<b>Ergebnis contra</b>
<b>Geräte</b>	<b>Verwendung eines der Geräte</b>		
SIB		schnell	Hoher PIP, geringer PEEP
SIBM		schnell	
TPR1		Anwenderunterschiede sinken	
TPR2		Anwenderunterschiede sinken	Weniger PEEP
<b>Training</b>	<b>Vermeiden hoher PIP und Vt</b>		
Messung 1			PIP↑, Vt↑
Messung 2		PIP↓, Vt↓	
Messung 3		PIP↓, Vt↓	Tendenz des Nachlassenden Effekts
<b>Rhythmus</b>	<b>3:1</b>		
Radetzkmarsch		verbesserter Rhythmus Anwenderunterschiede sinken	

**Tabelle 1:** Ergebnisdarstellung

### **3.4 Diskussion**

Die vorliegende Arbeit beleuchtet den Einfluss verschiedener medizinischer Hilfsmittel auf die geleistete Atemunterstützung während der Reanimation von Neugeborenen, sowie die Möglichkeiten zur Verbesserung deren Anwendung im Simulationstraining. In den Beobachtungsstudien an unterschiedlichen Anwenderkollektiven konnte bezüglich der neonatalen CPR gezeigt werden, dass manuelle Beatmungsgeräte abhängig von ihrer Anwenderfreundlichkeit die Koordination der CPR mit zu hohen PIP und zu langsamen Frequenzen erheblich beeinflussen. Darüber hinaus hat auch die Visualisierung der erzeugten Parameter und eine musikalische Taktvorgabe während des Trainings einen signifikanten Einfluss auf die Koordination der CPR und die Variationen zwischen den Anwendern.

#### **3.4.1 Versuch 1**

Die Koordination während der neonatalen CPR ist selbst bei erfahrenerm Fachpersonal schwierig zu erreichen [8], ILCOR empfiehlt die Verwendung von SIB, TPR oder FIB ohne dabei eines der Geräte zu bevorzugen [4-6]. Im Verlauf der Reanimation kann die Änderung der Compliance eine gezielte Adjustierung des Spitzendrucks erforderlich machen. Wir untersuchten ob eines der von ILCOR empfohlenen manuellen Beatmungsgeräte hinsichtlich der Anwendung am Beispiel der konsekutiven PIP-Adjustierung zur neonatalen CPR den anderen signifikant überlegen ist. Diese Arbeit zeigt, dass die Adjustierung des inspiratorischen Spitzendrucks mit einem SIB signifikant schneller möglich ist als mit einem T-Stück Beatmungsgerät. Die Erkenntnisse stimmen mit denen von Bennet et al. überein [9]. Darüber hinaus lassen sich deutliche Unterschiede zwischen den T-Stück-Beatmungsgeräten erkennen. Mit dem TPR1 wurde der Druck in der 2. Adjustierung von 25 auf 40 cm H<sub>2</sub>O signifikant schneller angepasst. Eine Erklärung hierfür kann man in den unterschiedlichen Drehreglern finden, welche beim TPR1 deutlich weiter gedreht werden müssen um denselben Druck zu erreichen. Bei höherem Spitzendruck muss zudem eine weitere Sicherheitsvorkehrung umgangen werden, was sich deutlich zeitaufwendiger gestaltet als beim TPR2. Mit allen Geräten wurden PIP-Werte aufgezeichnet, die über dem angestrebten Druck lagen, allerdings überschritt nur der mit dem SIB erzeugte PIP den Zielwert klinisch relevant. Diese Ergebnisse entsprechen denen anderer Studien [10-13].

In der vorliegenden Studie zeigte sich allerdings auch, dass die hohen PIP-Werte und die interindividuellen Unterschiede mit Anschluss eines Manometers drastisch reduziert werden. Unsere Ergebnisse unterstützen die Notwendigkeit einer routinemäßigen Verwendung von

Manometern bei Gebrauch eines SIB, da der so erzeugte PIP viel näher an den angestrebten Zieldrücken liegt und die interindividuellen Unterschiede der einzelnen Anwender minimiert werden. Von Nachteil ist jedoch, dass der Manometer die ständige Aufmerksamkeit des Anwenders erfordert um den Druck in den vorgegebenen Grenzen zu halten, da im Vergleich zu den Druck-kontrollierenden Mechanismen der T-Stück-Geräte beim Manometer keine Druckbegrenzung eingestellt werden kann.

Die generierten PEEP-Werte erwiesen sich zwischen den einzelnen Geräten in unserer Beobachtungsstudie als statistisch signifikant verschieden. Die absolute Differenz des PEEP zeigte sich allerdings nur marginal unterschiedlich. Die klinische Relevanz muss daher in Frage gestellt werden.

Zusammenfassend können also fest eingestellte PIP und PEEP-Werte bzw. eine visuelle Darstellung derselben dabei helfen die Parameter im empfohlenen Zielbereich zu halten und die Abweichungen zwischen den einzelnen Anwendern zu minimieren.

### **3.4.2 Versuch 2**

Wiederholtes Simulationstraining gibt dem Anwender Sicherheit und Routine in der Handhabung medizinischer Hilfsmittel. Hierdurch kann konsekutiv die Mortalität und Langzeitmorbidity erheblich reduziert werden [1, 14, 15].

In der vorliegenden Dissertation konnte am Beispiel eines Trainings zur Vermeidung hoher PIP und  $V_t$ -Werte mit einem einfachen Beatmungsmonitor ein statistisch signifikanter Trainingseffekt erreicht werden, der auch 4 Wochen nach Training nachzuweisen war.

Wir konnten eine signifikante Reduktion der applizierten PIP und  $V_t$ -Werte direkt nach dem Training zeigen. Ein Monat nach dem Training, lagen der mediane PIP und  $V_t$ -Wert wieder über dem direkt nach dem Training zu verzeichnenden Wert, aber noch immer signifikant unter dem Ausgangswert vor Beginn des Trainings. Unsere Ergebnisse zeigen, dass Training mit einer Visualisierung der erzeugten Parameter, unerfahrenem medizinischem Fachpersonal dabei hilft, Routine zu erlangen und vorgegebene Zielbereiche besser einhalten zu können.

Um den Trainingseffekt zu maximieren und Bias durch vorangegangene Trainings zu verhindern, schlossen wir nur unerfahrene Teilnehmer ein und kombinierten das Szenario mit einer Trainingseinheit. Unsere Ergebnisse entsprechen denen anderer Studien, die ebenfalls einen direkten Zusammenhang zwischen Training und einer zeitlichen Verbesserung der Qualität der Beatmungstechnik zeigen konnten [16].

Wood et al. zeigten, dass die manuelle Maskenbeatmung durch die Verwendung eines

Beatmungsmonitors weiter verbessert werden kann [17]. Unsere Studie unterstreicht nicht nur den Wert des direkten Anwender-Feedbacks durch Verwendung eines Beatmungsmonitors mit Anzeige der Beatmungskurven während des manuellen Trainings, sondern zeigt auch, dass ein mindestens einen Monat anhaltender Trainingseffekt zu verzeichnen ist.

Es bleibt dennoch unklar wie lange dieser Effekt ohne eine Wiederholung des Trainings anhält, da unsere Daten auch erahnen lassen, dass die Anwender ohne regelmäßige Schulung dazu neigen in alte Muster zurückzukehren. Man kann demzufolge spekulieren, dass sich der Trainingseffekt im Laufe der Zeit komplett aufhebt.

Schlussfolgernd reduziert manuelles Ventilationstraining mit einem SIB in Kombination mit einem Beatmungsmonitor durch eine verbesserte Handhabung signifikant das Auftreten exzessiver PIP und Vt-Werte hin zu einer richtlinienkonformen Reanimation. Dennoch eliminierte ein RFM gesteuertes Training exzessive PIP und Vt Werte einen Monat nach dem Training nicht komplett und lässt erkennen, dass ein regelmäßiges Training erforderlich ist um einen anhaltenden Effekt sicherzustellen.

### **3.4.3 Versuch 3**

Adäquate Ventilation und effektive CC sind wesentlich an der Optimierung der koronaren und zerebralen Perfusion von asphyktischen Neugeborenen beteiligt [1]. Steigt nach adäquater Ventilation die Herzfrequenz nicht  $>60$ /Minute an, so empfehlen die ILCOR-Richtlinien mit der Herzdruckmassage zu beginnen. Modellstudien der Kinder- und Erwachsenenreanimation konnten zeigen, dass Musikstücke und musikalische Taktgeber dabei helfen können die Reanimation in der 2-Helfer-Methode zu optimieren und besser zu koordinieren [7, 18-23].

Die vorliegende Dissertation untersuchte den Einfluss eines musikalischen Taktgebers auf die Verbesserung der koordinierten richtlinienkonformen neonatalen CPR hinsichtlich PIP-Applikation und Koordination von CC und MI am Beispiel des in nationalen Reanimationskursen häufig empfohlenen „Radetzky marsches“ mit einem Takt von 110/min. Postuliert wurde, dass das Hören des Radetzky marsches in einer signifikanten Reduktion der CC- und MI-Rate, hin zu dem empfohlenen 3:1 Verhältnis von CC und MI, resultiere. Zudem wurde angenommen, dass die interindividuellen Unterschiede zwischen den Anwendern abnehmen. Die Studie bestätigte diese Theorien und zeigte, dass das Verhältnis von CC zu MI unverändert blieb. Matlock et al. [18], untersuchten ein Musikstück mit einem Takt von 105/min beim adulten Reanimationstraining, worauf Rigo et al. [25] zu bedenken gaben, dass in der Neugeborenenreanimation möglicherweise ein anderer Takt benötigt werde, da hierbei ein

Verhältnis von 90 CC und 30 MI angestrebt wird, was mit einem Takt von 120/min gleichzusetzen sei.

Nach unserem Wissen ist diese Studie die erste, welche den Gebrauch eines wohlbekannten klassischen Marsches (110/min) beim neonatalen Reanimationstraining untersucht.

Die Ergebnisse sind mit denen von France et al. [21] vergleichbar, welche zeigen konnten, dass bei medizinischem Fachpersonal eine große interindividuelle Variabilität hinsichtlich der Applikation und Rate von CC besteht. Eine ausgeprägte Verbesserung im Einhalten der angestrebten Anzahl an Thoraxkompressionen und eine Reduktion der interindividuellen Variabilität wurde erreicht.

Es bleibt allerdings unklar, ob ein Reanimationstraining mit Musik einen anhaltenden Effekt auf die Durchführung von CC und MI hat. Die Ergebnisse von Modellstudien können nicht uneingeschränkt mit der Realität gleich gesetzt werden. Außerdem ist zu bedenken, dass nur eine kurze Zeitspanne von 60 Sekunden in jeder Gruppe untersucht wurde, eine längere Aufzeichnungszeit könnte unsere Ergebnisse verändern.

McHale et al. berichteten von signifikanten Veränderungen der Inspirationszeit während der manuellen Beatmung durch Ablenkung [24]. In unserer Studie, konnten wir eine Ablenkung durch Hintergrundgeräusche nicht verhindern, da die Kommunikation mit dem zweiten Anwender erforderlich war. Der „Radetzky marsch“ war allen Teilnehmern unserer Studie vertraut, in anderen Ländern ist möglicherweise anderes Liedgut mit einer ähnlichen Geschwindigkeit besser geeignet.

Zusammenfassend konnte unsere Studie zeigen, dass eine musikalische Taktvorgabe wie der „Radetzky marsch“ ein signifikant besseres Einhalten des vorgegebenen 3:1 Verhältnisses von 90 CC und 30 MI pro Minute bewirkt. Darüber hinaus wurden auch die interindividuellen Unterschiede signifikant reduziert. Allerdings ließen sich in einer Folgestudie, in der wir verschiedene Musikstücke miteinander verglichen für den Radetzky marsch keine signifikante Verbesserung gegenüber einem Trainings ohne Musik erfassen. Lediglich für das ABBA Stück „SOS“ zeigte sich eine signifikante Verbesserung von Kompressions- und Inflationrate ( $p=0,04$ ).

#### **3.4.4 Limitationen**

In vorangegangenen Studien konnte gezeigt werden, dass wiederholtes Simulationstraining den Anwendern Sicherheit und Routine in der Handhabung medizinischer Hilfsmittel gibt und hierdurch konsekutiv die Mortalität und Langzeitmorbidity erheblich reduziert wird [1, 14, 15].

Allerdings sind alle drei im Rahmen der Dissertation durchgeführten Studien Modellstudien und können nicht uneingeschränkt in die Realität übertragen werden. Das verwendete Modell wurde sorgfältig entworfen und einem 1000 g schweren Frühgeborenen nachempfunden. Das Training der neonatalen Reanimation am Modell kann die dynamischen Unterschiede der neonatalen Lungencompliance insbesondere während der ersten Atemzüge nicht erfassen. Dies ist aber möglicherweise zu vernachlässigen, da Kattwinkel et al. [4] unter Verwendung eines neonatalen Lungensimulators zeigen konnten, dass die dynamischen Complianceveränderungen von den Trainingsteilnehmern nicht erfasst wurden.

Um zuverlässige und vergleichbare Messungen zu gewährleisten, benutzten wir ein intubiertes, Leck-freies Modell. Dies entspricht nicht den realen Bedingungen der neonatalen Reanimation[16, 17, 26]. Da die Leckage einen starken Einfluss auf PIP und PEEP hat ist von einer noch größeren Schwankungsbreite der applizierten Drücke und Volumina auszugehen.

Zudem verhalten sich die Teilnehmer einer Studie anders als in einer realen Situation. Äußere Faktoren wie Stress und Ablenkung fallen weg, auch beim Versuch ein möglichst realitätsnahes Szenario zu entwerfen sind diese Faktoren nicht zu 100% nachempföndbar. In verschiedenen klinischen Einrichtungen werden unterschiedliche Beatmungsgeräte benutzt, die sich im Aufbau zwar ähnlich sind, dennoch bleibt unklar ob sich unsere Ergebnisse uneingeschränkt auf die Geräte anderer Hersteller übertragen lassen.

Des Weiteren zeigen die Ergebnisse unserer Folgestudie zum Radetzky marsch, dass sich die Erkenntnisse in einer Wiederholung variabel darstellen können und ein Musikstück im direkten Vergleich zu anderen Stücken weniger gut abschneidet, als es davor im direkten Vergleich zum Training ohne Musik war.

### **3.4.5 Klinische Relevanz**

Wykoff et al konnten an einem Frühgeborenenkollektiv zeigen, dass die Neugeborenenreanimation entscheidend mit Mortalität und Langzeitmorbidity vergesellschaftet ist [1]. Es ist anzunehmen, dass sich dies in gewissem Maße auch auf reife Neugeborene übertragen lässt, die eine CPR benötigen. Aus diesem Grunde ist eine routinierte und gut strukturierte Reanimation entscheidend. Die vorliegende Dissertation zeigt verschiedene Fehlerquellen und ihre Lösungsansätze auf um eine koordinierte richtlinienkonforme Reanimation zu gewährleisten.

Zur manuellen Beatmung werden von ILCOR SIB, FIB und TPR gleichermaßen empfohlen. Hinsichtlich der Wahl des manuellen Beatmungsgerätes zeigte sich, dass unter Verwendung eines SIB ohne Manometer signifikant hohe, potentiell lungenschädigende PIP-Werte erzeugt werden können, deshalb sollte bei der Wahl der weit verbreiteten SIB auf die Verwendung eines Manometers geachtet werden. In Situationen, welche eine schnelle Anpassung des PIP erforderlich machen, kann dies zeitlich am schnellsten mit dem SIB umgesetzt werden. Dennoch bleibt zu beachten, dass die intra- und interindividuellen Unterschiede unter den Anwendern der T-Stück-Geräte in der Erzeugung von PIP und Vt geringer sind und somit eine kontinuierlichere Druckerzeugung gewährleistet werden kann, ohne dabei permanent den Manometer im Auge behalten zu müssen. Im Falle einer pränatal bekannten zu erwartenden Komplikation wie einer Lungenhypoplasie nach Anhydramnion, die eine schnelle Anpassung des Druckes auf hohe PIP erforderlich macht, sollte allerdings gegebenenfalls bereits im Voraus die Sicherheitsvorkehrung gelöst werden, da dies relativ lange dauert.

Unsere Ergebnisse zeigen, dass bei Verwendung des SIB ohne Manometer ein Training unter Visualisierung der tatsächlich generierten Flußkurven und Drücke mittels Beatmungsmonitor dabei helfen kann, die Handhabung derselben zu verbessern und somit exzessive Spitzendrücke signifikant zu minimieren. Dieser Effekt ist auch ein Monat nach Training noch zu erfassen, dennoch ist ein nachlassender Trainingseffekt erkennbar. Dies lässt erahnen, dass eine Wiederholung des Trainings in einem noch zu untersuchenden Zeitintervall erforderlich ist, falls keine generelle Visualisierung der generierten Drücke und Volumina mittels RFM gewährleistet werden kann.

Um bei der neonatalen Reanimation die CC und MI im empfohlenen 3:1 Verhältnis koordiniert zu applizieren, kann ein musikalisch hinterlegtes Training dabei helfen die Handhabung so zu verbessern, dass eine richtlinienkonforme Reanimation gewährleistet werden kann. Hierbei gilt es weiter zu evaluieren welche auditorische Taktvorgabe am besten zur Untermalung der neonatalen Reanimation geeignet ist, bei welchem Musikstück sich auch in wiederholten Studien ein positiver Trainingseffekt zeigt und ob sich die Erfolge während des Trainings auf die reale Neugeborenenreanimation im Kreißsaal übertragen lassen.

### **3.4.6 Zusammenfassung**

Schlussfolgernd konnten wir die Auswirkungen verschiedener medizinischer Hilfsmittel und Simulationstrainings auf die Neugeborenenreanimation aufzeigen. Hinsichtlich der manuellen Beatmungsgeräte wurde der PIP mit dem SIB am unkompliziertesten und schnellsten angepasst,

einen definierten PIP generierten die Anwender zuverlässiger unter Verwendung der T-Stück Systeme. Der Anwender sollte im Handling der verwendeten Geräte geschult und mit den Vor- und Nachteilen der verschiedenen Geräte vertraut sein.

Visuelles und auditorisch unterlegtes Training kann helfen, die Reanimation nach den Vorgaben internationaler Leitlinien umzusetzen und dem Anwender dabei Sicherheit in der Handhabung medizinischer Hilfsmittel und der praktischen Anwendung derselben zu geben.

Ein Trainingseffekt scheint über mindestens 4 Wochen hinweg nachweisbar zu sein, auch wenn erkennbar ist, dass dieser Effekt abnimmt und damit zu fordern wäre, das CPR Training in regelmäßigen Abständen zu wiederholen, um einen dauerhaften Effekt auf die praktische Umsetzung der richtlinienkonformen Neugeborenenreanimation zu gewährleisten. Darüber hinaus lässt sich erkennen, dass durch das Abspielen des ABBA - Stückes die besten Resultate in der kardiopulmonalen Reanimation am Modell erreicht werden konnten. Die Übertragbarkeit dieser Ergebnisse in die realen Reanimationssituationen muss ebenso wie der Mittel- und Langzeiteffekt weiter überprüft werden.

### 3.5 Literaturverzeichnis

1. Wyckoff, M.H. and R.A. Berg, Optimizing chest compressions during delivery-room resuscitation. *Semin Fetal Neonatal Med*, 2008. **13**(6): p. 410-5.
2. Wyckoff, M.H., et al., Outcome of extremely low birth weight infants who received delivery room cardiopulmonary resuscitation. *J Pediatr*, 2012. **160**(2): p. 239-244 e2.
3. McCarthy L.K., et al., Timing of interventions in the delivery room: Does reality compare with neonatal resuscitation guidelines? *J Pediatr*, 2013. **163**(6):p.1553-7.
4. Kattwinkel, J., et al., Neonatal resuscitation: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Pediatrics*, 2010. **126**(5): p. e1400-13.
5. Perlman, J.M., et al., Part 11: Neonatal resuscitation: 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Circulation*, 2010. **122**(16 Suppl 2): p. S516-38.
6. Richmond, S. and J. Wyllie, European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 7. Resuscitation of babies at birth. *Resuscitation*, 2010. **81**(10): p. 1389-99.
7. Rawlins, L., et al., Effect of listening to Nellie the Elephant during CPR training on performance of chest compressions by lay people: randomised crossover trial. *BMJ*, 2009. **339**: p. b4707.
8. Foglia, E., et al., Provider Adherence to Neonatal Resuscitation Program Recommendations for Coordinated Neonatal Chest Compressions and Ventilations. *Analg Resusc*, 2013. Suppl 1.
9. Bennett, S., et al., A comparison of three neonatal resuscitation devices. *Resuscitation*, 2005. **67**(1): p. 113-8.
10. Hussey, S.G., et al., Comparison of three manual ventilation devices using an intubated mannequin. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, 2004. **89**(6): p. F490-3.
11. Roehr, C.C., et al., Manual ventilation devices in neonatal resuscitation: tidal volume and positive pressure-provision. *Resuscitation*, 2009. **81**(2): p. 202-5.
12. Hawkes, C.P., et al., Comparison of the T-piece resuscitator with other neonatal manual ventilation devices: a qualitative review. *Resuscitation*, 2012. **83**(7): p. 797-802.
13. Oddie, S. et al., Use of self-inflating bags for neonatal resuscitation. *Resuscitation*, 2005. **67**(1): p. 109-12.

14. Carlo, W.A., et al., Newborn care training of midwives and neonatal and perinatal mortality rates in a developing country. *Pediatrics*, 2010. **126**(5): p. e1064-71.
15. Little G. et al., Neonatal Resuscitation: A global challenge. *Pediatrics*, 2010. **126**(5): p. e2059-60.
16. Wood, F.E., et al., Improved techniques reduce face mask leak during simulated neonatal resuscitation: study 2. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, 2008. **93**(3): p. F230-4.
17. Wood, F.E., et al., A respiratory function monitor improves mask ventilation. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, 2008. **93**(5): p. F380-1.
18. Matlock D., et al., "Stayin' Alive": a pilot study to test the effectiveness of a novel mental metronome in maintaining appropriate compression rates in simulated cardiac arrest scenarios. *Ann Emerg Med*, 2008; **52**: p. 67-8.
19. Hafner, J.W., et al., "Stayin' alive": a novel mental metronome to maintain compression rates in simulated cardiac arrests. *J Emerg Med*, 2012. **43**(5): p. e373-7.
20. Woollard, M., et al., Achy breaky makey wakey heart? A randomised crossover trial of musical prompts. *Emerg Med J*, 2012. **29**(4): p. 290-4.
21. France, J., et al., Auditory and visual prompts during cardiopulmonary resuscitation in the emergency department. *Emerg Med J*, 2006. **23**(2): p. 160-1.
22. Oulego-Erroz, I., et al., A popular song improves CPR compression rate and skill retention by schoolchildren: a manikin trial. *Resuscitation*, 2011. **82**(4): p. 499-500.
23. Chen, W., et al., Rhythm of Life Aid (ROLA): an integrated sensor system for supporting medical staff during cardiopulmonary resuscitation (CPR) of newborn infants. *IEEE Trans Inf Technol Biomed*. 2010.**14**(6): p. 1468-74.
24. McHale S., et al., Variation in inspiratory time and tidal volume with T-piece neonatal resuscitator: association with operator experience and distraction. *Resuscitation* 2008.**79**: p. 230–233.
25. Rigo, V. and J. Rigo, Newborns need another tune: "I will survive" sets neonatal resuscitation rhythm. *Ann Emerg Med*, 2009. **53**(6): p. 837.
26. Schmölzer G. M., et al., Respiratory monitoring of neonatal resuscitation. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, 2010, **95**(4): p. 295-303.

#### **4 Eidesstattliche Versicherung und Anteilserklärung**

„Ich, Simone Katrin Dold, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: **„Auswirkungen von Material und Training auf die richtlinienkonforme Neugeborenenreanimation im Kreißsaal“** selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE -[www.icmje.org](http://www.icmje.org)) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s.o.) und werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an den ausgewählten Publikationen entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Betreuer/in, angegeben sind. Sämtliche Publikationen, die aus dieser Dissertation hervorgegangen sind und bei denen ich Autor bin, entsprechen den URM (s.o.) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift

## Anteilerklärung an den erfolgten Publikationen

Simone Katrin Dold hatte folgenden Anteil an den folgenden Publikationen:

### **4.1 Publikation 1:**

Hartung JC, **Dold SK**, Lluch MT, tePas A, Schmalisch G, Roehr CC,  
Time to adjust to changes in ventilation settings varies significantly between different T-piece  
resuscitators, self-inflating bags and manometer equipped self-inflating bags.

Am J Perinatol. 2014;31:505-512.

IF=1,574

Die Doktorandin war am Studienentwurf und an der Datenerhebung, dem Verfassen des  
Manuskripts, sowie an den Begutachtungsverfahren zur Veröffentlichung beteiligt.

### **4.2 Publikation 2:**

Kelm M\*, **Dold SK\***, Hartung J, Breckwoldt J, Schmalisch G, Roehr CC,  
Manual neonatal ventilation training: a respiratory function monitor helps to reduce peak  
inspiratory pressure and tidal volume during resuscitation.,

J Perinat Med. 2012 Jun 30;0(0):1-4. doi: 10.1515/jpm-2012-0023.

\*equally contributing authors (mit entsprechender Kennzeichnung im Artikel),

IF=1,949

Die Doktorandin plante mit dem zweiten Erstautor selbstständig das Studiendesign. Sie führte  
die Rekrutierung der Studienteilnehmer durch und erhob die Daten eigenständig. Das  
Manuskript wurde im ersten Entwurf durch die Doktorandin verfasst und sie war maßgeblich  
am Begutachtungsverfahren zur Veröffentlichung beteiligt.

### **4.3 Publikation 3:**

**Dold SK**, Schmörlzer GM, Kelm M, Davis PG, Schmalisch G, Roehr CC,  
Training neonatal cardiopulmonary resuscitation: Can it be improved by playing a musical  
prompt? A pilot study.,

Am J Perinatol. 2013 May 21.

IF=1,574

Die Doktorandin plante eigenständig das Studiendesign, rekrutierte die Teilnehmer, führte die  
Studie praktisch aus und erfasste die erhobenen Daten. Die Doktorandin erstellte das Manuskript

im ersten Entwurf und war maßgeblich am Begutachtungsverfahren zur Veröffentlichung beteiligt.

Unterschrift, Datum und Stempel des betreuenden Hochschullehrers/der betreuenden Hochschullehrerin

---

Unterschrift des Doktoranden/der Doktorandin

---

## **5 Publikationen**

### **5.1 Publikation 1**

<http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1354562>













## 5.2 Publikation 2

<http://dx.doi.org/10.1515/jpm-2012-0023>







### **5.3 Publikation 3:**

<http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1345261>







## **6 LEBENSLAUF**

**Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.**



## 7 Komplette Publikationsliste

### 7.1 Publikationen

Manley, B.J., **Dold, S.K.**, Davis, P.G., and Roehr, C.C. (2012). High-flow nasal cannulae for respiratory support of preterm infants: a review of the evidence. *Neonatology* *102*, 300-308.

Kelm, M., **Dold, S.K.**, Hartung, J., Breckwoldt, J., Schmalisch, G., and Roehr, C.C. (2012). Manual neonatal ventilation training: a respiratory function monitor helps to reduce peak inspiratory pressures and tidal volumes during resuscitation. *J Perinat Med* *40*, 583-586.

Roehr, C.C., Te Pas, A.B., **Dold, S.K.**, Breindahl, M., Blennow, M., Rudiger, M., and Gupta, S. (2013). Investigating the European perspective of neonatal point-of-care echocardiography in the neonatal intensive care unit--a pilot study. *Eur J Pediatr* *172*, 907-911.

**Dold, S.K.**, Schmolzer, G.M., Kelm, M., Davis, P.G., Schmalisch, G., and Roehr, C.C. (2013). Training neonatal cardiopulmonary resuscitation: can it be improved by playing a musical prompt? A pilot study. *Am J Perinatol* *31*, 245-248.

Hartung, J.C., **Dold, S.K.**, Thio, M., tePas, A., Schmalisch, G., and Roehr, C.C. (2014). Time to adjust to changes in ventilation settings varies significantly between different T-piece resuscitators, self-inflating bags, and manometer equipped self-inflating bags. *Am J Perinatol* *31*, 505-512.

Roehr, C.C., Schmolzer, G.M., Thio, M., Dawson, J.A., **Dold, S.K.**, Schmalisch, G., and Davis, P.G. (2014). How ABBA may help improve neonatal resuscitation training: auditory prompts to enable coordination of manual inflations and chest compressions. *J Paediatr Child Health* *50*, 444-448.

## 7.2 publizierte Abstracts und Vorträge

**Dold SK**, Hartung JC, Schmölzer GM, Schmalisch G, Bühler C, Röhr CC. Radetzky marsch - Can neonatal Cardiopulmonary Resuscitation Training be improved by playing a musical prompt? Postervortrag. The 4th Congress of the European Academy of Paediatric Societies – EAPS Istanbul, Turkey – 10/2012.

Roehr CC, Manley B, **Dold SK**, Davis PD. Treatment of preterm infants with High-Flow Nasal Cannulae (HFNC) Review of the Evidence. Postervortrag. The 4th Congress of the European Academy of Paediatric Societies – EAPS Istanbul, Turkey – 10/2012.

The reason for prolonged jaundice in the newborn. 04.2012 University of Oxford.

**Dold SK**, Hartung JC, Schmölzer GM, Schmalisch G, Bühler C, Röhr CC. Kann der „Radetzky marsch“ das Training der neonatalen kardiopulmonalen Reanimation effektiv unterstützen? Postervortrag PO-6/8, 38. Jahrestagung der Gesellschaft für Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin (GNPI), Hamburg, 09/2012 und Abstract in Monatsschrift Kinderheilkunde; 160, Suppl. 1 (2012) S161.

Hartung JC, **Dold SK**, Thio M, tePas AB, Schmalisch G, Röhr CC. Abweichungen der Beatmungsparameter vom Zielwert und interindividuelle Unterschiede mit verschiedenen Handbeatmungsgeräten bei der Neugeborenenreanimation. Freier Vortrag V08.6, 26. Deutscher Kongress für Perinatale Medizin der Deutschen Gesellschaft für Perinatale Medizin (DGPM), Berlin, 12/2013 und Abstract in Z Geburtshilfe Neonatol 217 (2013), V08\_6.

Hartung JC, **Dold SK**, Thio M, Schmalisch G, tePas AB, Roehr CC. Time to adjust to changes in ventilation settings varies significantly between different T-piece resuscitators, self-inflating bags and manometer equipped self-inflating bags. Postervortrag 4933, Jahreskongress 2013 der European Respiratory Society (ERS), Barcelona, 09/2013 und Abstract Eur Respir J 2013; 42: Suppl. 57, 1047s.

Dold SK, Schmid MB, Hummler HD, Essers J. Joubert-Syndrom wie kommt ein Zahn ins Gehirn? Vortrag im Rahmen der Fortbildung an der Uniklinik Ulm am 02/2014.

Dold SK, Hartung JC, Schmölzer GM, Schmalisch G, Bühner C, Röhr CC Radetzkyarsch – Can neonatal Cardiopulmonary Resuscitation Training be improved by playing a musical prompt? Freier Vortrag 6. Europäisches Symposium Erstversorgung im Kreißsaal, Dresden 03/2014.

Dold SK, Schmid MB, Hummler HD, Essers J. Joubert-Syndrom-wie kommt ein Zahn ins Gehirn? Postervortrag P012 40. Jahrestagung der Gesellschaft für Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin (GNPI), Bonn, 06/2014.

Dold SK, Waitz M, Schmid M, Fuchs H, Mendler M, Dreyhaupt J, Hummler H. Einfluss automatischer Steuerung der inspiratorischen Sauerstoffkonzentration auf die arterielle Sauerstoffsättigung und die zerebrale Gewebeoxygenierung bei Frühgeborenen. Postervortrag P071 40. Jahrestagung der Gesellschaft für Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin (GNPI), Bonn, 06/2014.

Dold SK, Hartung JC, Schmölzer GM, Schmalisch G, Bühner C, Röhr CC. Radetzkyarsch - Can a musical prompt improve simulated neonatal Cardiopulmonary Resuscitation Training? Postervortrag 20. Anniversary REaSoN Meeting Warwick University, Coventry, UK 06/2014.

## **8 Danksagung**

Zum Abschluss meiner Dissertation möchte ich mich an dieser Stelle bei allen Menschen bedanken, die mich in dieser Zeit begleitet und unterstützt haben.

Mein besonders herzlicher Dank geht hierbei zunächst an Herrn PD Dr. Charles Christoph Röhr, der mein wissenschaftliches Interesse durch die Bereitstellung eines Hausarbeitsthemas bereits zu Beginn des klinischen Studienabschnitts geweckt und all die Jahre weiter gefördert hat.

Für die unendliche Geduld, die großartige Betreuung zu jeder Tages- und Nachtzeit unabhängig von räumlicher Distanz, auch über den Kontinent hinaus vom anderen Ende der Welt bin ich sehr dankbar. Das in mich gesetzte Vertrauen, das unermüdliche „Poken“, die konstruktive Kritik und Motivation, hat die Dissertation zu einem spannenden Projekt gemacht, was mir viel Freude bereitet und das Interesse für weiteres wissenschaftliches Arbeiten aufrecht erhalten hat.

Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn PD Dr. Gerd Schmalisch für seinen erfahrenen Rat und hilfreichen Anregungen in statistischen Fragen und bei der Durchsicht einiger Manuskripte.

Großer Dank geht auch an Frau Dr. Julia Hartung und Herrn Dr. Marcus Kelm für die unkomplizierte und abwechslungsreiche Arbeit im Team und die unterhaltsamen Stunden in den Pausen. Ganz besonders möchte ich mich noch bei Frau Silke Wilitzki bedanken, dem Sonnenschein der Atemfunktionsdiagnostik, die es geschafft hat auch am nebelreichsten Tag gute Laune zu verbreiten und stets alle müden Geister mit einer guten Tasse Kaffee vertreiben konnte. Herzlichen Dank dafür!

Bedanken möchte ich mich des Weiteren bei Herrn Prof. Dr. Christoph Bühner und der ganzen Abteilung Neonatologie, sowie bei allen begeisterten Teilnehmern unserer Studien.

Nicht zuletzt danke ich meiner Familie und meinen Freunden ganz herzlich für Ihre unermüdliche Unterstützung, Motivation, das mir entgegengebrachte Verständnis, all die aufbauenden und fürsorglichen Worte, aber auch die willkommene Ablenkung.

Vielen lieben Dank allen, ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre!