

Klinik für Anästhesiologie
der Universität zu Lübeck
Direktor: Prof. Dr. med. Schmucker

**Der Einfluss von verschiedenen Atemschutzsystemen auf die
simulierte pädiatrische Notfallversorgung**

Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Universität zu Lübeck
– Aus der Sektion Medizin–

vorgelegt durch
Sophie Michel
aus Berlin

Lübeck, Oktober 2012

1. Berichterstatter:

Prof. Dr. med. Jan Schumacher

2. Berichterstatter:

Prof. Dr. med. Jens Möller

Tag der mündlichen Prüfung:

20.03.2013

Zum Druck genehmigt:

Lübeck, den 20.03.2013

-Promotionskommission der Sektion Medizin-

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	5
1. EINLEITUNG	6
2. PROBANDEN, MATERIAL, METHODEN	10
2.1 PROBANDEN UND AUSWAHLKRITERIEN	10
2.2 MATERIAL.....	10
2.2.1 Atemschutzmasken, Atemschutzsysteme, Schutzanzug und Handschuhe ..	10
2.2.1.1 Filtrierendes Atemschutzsystem (APR) und Atemschutzmaske.....	11
2.2.1.2 Gebläse-unterstütztes Atemschutzsystem (powered air-purifying- respirator PAPR) und Maske	12
2.2.1.3 Schutzanzug und -handschuhe.....	13
2.2.2 Patientensimulator	13
2.2.3 Rettungsfahrzeug	15
2.2.4 Masken-Beutel-Beatmung	15
2.3 METHODEN.....	15
2.3.1 Studienprotokoll.....	15
2.3.2 Fragebogen.....	17
2.3.3 Dokumentation des Studienablaufs	18
2.3.4 Statistik.....	18
3. ERGEBNISSE	19
3.1 ERGEBNISSE DER SIMULATION.....	19
3.2 ERGEBNISSE DES FRAGEBOGENS	20
4. DISKUSSION	22
4.1 DISKUSSION DER METHODEN.....	22
4.1.1 Probanden.....	22
4.1.2 Material und Ablauf der Simulation	22
4.1.2.1 Atemschutzausrüstung	23

4.1.2.2	Patientensimulator	24
4.1.2.3	Notfallsimulation	24
4.1.2.4	Fragebogen	25
4.2.	DISKUSSION DER STUDIENERGEBNISSE	26
4.2.1	Entwicklung von Atemschutzgeräten und dessen Bedeutung	26
4.2.2	Richtlinien bei CBRN-Einsätzen	27
4.2.3	Bedeutung der Studienergebnisse.....	29
4.2.4	Limitationen der Studie	31
5.	ZUSAMMENFASSUNG	32
6.	LITERATURVERZEICHNIS	33
7.	DANKSAGUNG	39
8.	LEBENS LAUF	40
9.	GENEHMIGUNGSSCHREIBEN	43

Abkürzungsverzeichnis

APR	air-purifying-respirator
CBRN	chemisch biologisch radionuklear
EKG	Elektrokardiogramm
PAPR	powered air-purifying-respirator

1. Einleitung

Bei der Erstversorgung von Notfallopfern spielt das Rettungspersonal eine entscheidende Rolle. Es legt eine wichtige Grundlage zur weiteren medizinischen Behandlung und kann darauf aufbauend die Rehabilitation der Patienten enorm verbessern.

Rettungskräfte sind darauf geschult, unter unterschiedlichen Einsatzbedingungen eine optimale Erstversorgung der Patienten durchzuführen. Voraussetzung dafür ist, dass dem Rettungspersonal ein ausreichender Schutz vor möglichen Gefahren bei der Erstversorgung gewährleistet wird.

Bei Schadensereignissen bei denen es zur Freisetzung von chemischen, biologischen oder radionuklearen Substanzen gekommen ist, muss das medizinische Personal besonders geschützt werden. Ausgewählte persönliche Schutzausrüstungen minimieren die Gefahr einer sekundären Intoxikation oder Infektion des medizinischen Personals bei solchen speziellen Schadensereignissen.

Einsätze, die durch CBRN-Substanzen induziert sind, können akzidentell oder vorsätzlich herbeigeführt sein. Bei Epidemien, die meistens nicht vorsätzlich verursacht sind, muss allerdings auch ein terroristischer Hintergrund in Erwägung gezogen werden [1,2].

In solchen Gefahrenlagen können auch Kinder unter den Opfern sein. Die Erstversorgung von Kindern erfolgt nach einem vorgegebenen Schema, bei dem sich die Algorithmen von denen für Erwachsene unterscheiden.

In der Vergangenheit ist es zu einigen Unfällen und Epidemien durch CBRN-Substanzen gekommen, bei denen sich oft auch Kinder unter den Opfern befanden. Am 11.03.2011 wurde die Ostküste Japans von einem durch ein Erdbeben ausgelösten Tsunami überrollt. Dabei kam es in dem dortigen Atomkraftwerk Fukushima zu einer Freisetzung radioaktiver Substanzen. In Lebensmitteln und im Wasser wurden anschließend erhöhte Werte von radioaktivem Iod und Caesium nachgewiesen. Diese flüchtigen Substanzen können sich aerogen verbreiten. Wie viele Kinder und Erwachsene in Kontakt mit diesen radionuklearen Stoffen gekommen sind, ist unbekannt. Der Unfall in der sowjetischen Bio-Waffen Anlage Sverdlowsk 1997 forderte 66 Menschenleben durch die Freisetzung des Milzbranderreger *bacillus anthracis*. Unter den Opfern in unmittelbarer Umgebung der Anlage befanden sich jedoch keine Kinder [3].

Im Jahre 2003 kam es zu einer SARS (Schweres Akutes Respiratorische Syndrom)-Epidemie, von der 267 Menschen betroffen waren. Das Zentrum dieser Epidemie befand sich in Toronto. Auch während Terroranschlägen gehörten Kinder zu den Opfern. 1995, als es zu einer vorsätzlichen Freisetzung von Sarin in der U-Bahn von Tokio kam, waren 16 Kinder und fünf schwangere Frauen mit betroffen [4]. Des Weiteren ist beispielsweise der Versuch der Freisetzung von Chlorgas in Disney World [5] zu erwähnen, bei dem, wäre er erfolgreich gewesen, viele Kinder zu den Opfern gezählt hätten.

Für das Rettungspersonal besteht bei einem CBRN-Einsatz die Gefahr der Kontamination bzw. Infektion mit den Gefahrenstoffen. Nur durch eine entsprechende Schutzausrüstung können die Helfer ihrer Arbeit nachgehen, ohne dass sie sich mit toxischen oder pathogenen Substanzen kontaminieren.

Gerade in Bezug auf den Terrorismus ist es von großer Bedeutung, dass die Nationen auf mögliche Anschläge vorbereitet sind, etwa durch Reaktionspläne, Schulung des Rettungspersonals und nicht zuletzt durch den Schutz der Helfer durch Schutzausrüstungen. Heutzutage sind nahezu alle Nationen auf Terroranschläge vorbereitet. Insbesondere in den USA und in Großbritannien wird neuerdings die sogenannte „all-hazards“ („All-Gefahren“)-Herangehensweise propagiert. Hierbei wurden zu den bestehenden Plänen zur öffentlichen Gesundheit bei Großschadensereignissen Reaktionspläne für Terrorismus hinzugefügt [6]. Eine adäquate Schulung des Personals erfordert dabei, dass das Rettungspersonal mit durch biologische Pathogene und Toxine ausgelösten Symptomen vertraut gemacht werden sollte. Viele dieser Intoxikationen und Infektionen können erfolgreich behandelt werden, wenn die Diagnosen früh gestellt, eine Behandlung umgehend begonnen wird und Präventivmaßnahmen eingesetzt werden können [5].

Der Einfluss einer persönlichen Schutzausrüstung bei der Erstversorgung von Kindern ist der Fokus unserer Studie. In Großbritannien, wo unsere Studie stattfand, wurden diesbezüglich Richtlinien sowohl vom Amt für Gesundheitsschutz [7] als auch vom Gesundheitsministerium [8], veröffentlicht.

Der wichtigste Bestandteil einer persönlichen medizinischen Schutzausrüstung, in toxischen und infektiösen Umgebungen sind entsprechende Atemschutzsysteme. Zu den gebräuchlichsten Atemschutzsystemen gehören die filternden Atemschutzgeräte (air-purifying-respiator, APR) mit P3-Filtern. Bei diesem System zieht der Träger Umgebungsluft durch den Filter in die Atemmaske [9,10]. In welchem Ausmaß der Filter Aerosole aus der angesaugten Umgebungsluft entfernt, hängt von der Tröpfchengröße und

der damit verbundenen Effektivität und Kapazität des Filters ab [10]. Allerdings muss man bei diesen Systemen einen erhöhten Atemwiderstand in Kauf nehmen, der eventuell auch die körperliche Leistungsfähigkeit des Trägers einschränken kann. Das APR-Atemschutzsystem wird batterieunabhängig genutzt und funktioniert rein durch die muskuläre Arbeit des Trägers.

Die neueren gebläse-unterstützten Atemschutzsysteme (powered-air-purifying-respiator, PAPR) wirken diesem Problem entgegen. Sie bedienen sich eines Gebläses, welches die Umgebungsluft ansaugt, sie durch einen Filter leitet und anschließend über einen Schlauch in die Haube des Trägers führt. Die Gebläse-Filter-Einheit wird von dem Benutzer mit Hilfe eines Gürtels am Körper getragen. Diese Systeme sind zum einen teurer als die einfacheren APR-Systeme, zum anderen können das Gewicht, die Größe der Einheit und der Verbindungsschlauch zu der Gebläse-Filter-Einheit den Träger in seinen Fähigkeiten einschränken. Vor allem in einem begrenzten Raum, wie der des Rettungswagens, kann die Mobilität beeinträchtigt sein. Zusätzlich ist das gebläse-unterstützte Atemschutzsystem batteriebetrieben, was für den Nutzer heißt, dass er das Geschehen sofort verlassen muss, sobald sich die Batterien erschöpfen [11].

Obwohl das PAPR zum einen den Atemwiderstand senkt, das Problem der Totraumventilation vermindert und der Hitzeentwicklung entgegenwirkt [9], sind zum anderen zuvor genannte Nachteile, z.B. Gewicht und Größe, gegen die entsprechenden Vorteile abzuwägen.

Das Ziel der Studie ist es, das eng-sitzende APR-Atemschutzsystem und das Hauben PAPR-Atemschutzsystem in Bezug auf deren Einfluss auf die Fähigkeiten des Rettungspersonals beim Durchführen der Erstmaßnahmen der Notfallversorgung von Kindern mit aerogen-ansteckenden Krankheiten miteinander zu vergleichen.

Die vergleichende Untersuchung erfolgt im Hinblick auf die folgenden Fragen:

- Inwieweit wird die Versorgung der Patienten auf Grund der Benutzung eines Atemschutzsystems in Bezug auf die Zeit eingeschränkt?
- Wie ist die subjektive Beurteilung der Atemschutzträger in Bezug auf verschiedene Aspekte des Tragekomforts?

1. Einleitung

Die Ergebnisse unserer Untersuchung können dazu beitragen die Auswahl der entsprechenden persönlichen Schutzausrüstung bei pädiatrischen Notfalleinsätzen unter CBRN Bedingungen zu optimieren.

2. Probanden, Material, Methoden

2.1 Probanden und Auswahlkriterien

Die Studie wurde vom "Institutional Review Board of the London Ambulance Service NHS Trust" genehmigt. Alle Testpersonen wurden zuvor über den Ablauf der Studie aufgeklärt und anschließend dazu aufgefordert, eine Einverständniserklärung zu unterschreiben.

Insgesamt nahmen 16 Probanden an der Studie teil. Dabei mussten alle eine Berufserfahrung von mindestens 2,5 Jahren als *Paramedic* vorweisen können. Das Ausbildungsniveau der britischen *Paramedics* ist vergleichbar mit den Rettungssanitätern in Deutschland.

Die gesamte Probandengruppe erhielt ihre Ausbildung an der *University of Herfordshire*. Ausschlusskriterien waren eine höhergradige Sehschwäche, da eine speziell angepasste Maskenbrille nötig gewesen wäre, Klaustrophobie, weil es durch das Tragen einer Atemschutzmaske zu einer Gesichtsfeldeinschränkung kommt, sowie Asthma bronchiale, da es zu einer Steigerung der Atemfrequenz kommen kann. Keiner der Probanden hatte Erfahrungen im Tragen der getesteten Atemschutzausrüstungen.

2.2 Material

2.2.1 Atemschutzmasken, Atemschutzsysteme, Schutzanzug und Handschuhe

Bei der Studie wurden zwei unterschiedliche Atemschutzsysteme miteinander verglichen. Das filtrierende Atemschutzsystem (air-purifying-respirator, APR), welches aus einer Atemschutzmaske und einem Atemfilter besteht, sowie das gebläse-unterstützte Atemschutzsystem (PAPR), bestehend aus einer Atemschutzmaske, einem Gebläse und Filtern.

2.2.1.1 Filtrierendes Atemschutzsystem (APR) und Atemschutzmaske

Beim filtrierenden Atemschutzsystem (APR) wurde ein Filter (P3 RD40, 35 Gramm, Dräger Safety, Hamburg, Germany) verwendet. Die Effektivität des Filters hängt zum einen von der Tröpfchengröße der zu filtrierenden Aerosole ab und zum anderen von der Kapazität des Filters. Er hat ein Gewicht von 35 Gramm.



Abb. 1: CDR4500 ohne P3-Filter

Die für das APR-System verwendete eng-sitzende Atemschutzmaske (CDR4500, Draeger Safety, Hamburg, Deutschland) ist sowohl nach amerikanischer (*The National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH*), als auch nach europäischer (Deutsches Institut für Normung, DIN EN 136, Klasse 3) Norm klassifiziert. Diese Vollgesichtsmaske sorgt für guten Schutz gegen Tränengas, Noxen im Bereich der Industrie sowie CBRN-Substanzen und ist mit ihrem Elastomer Maskenkörper gegenüber Chemikalien besonders beständig. Die Sichtscheibe ist beidseitig anti-kratz-beschichtet und sorgt für ein großes, unverzerrtes Gesichtsfeld. Des Weiteren ist die Maske mit einer Sprechmembran ausgestattet, welche die Verständigung verbessert.

Die Atemschutzmaske lässt sich an verschiedene Kopf- und Gesichtsgrößen anpassen.

2.2.1.2 Gebläse-unterstütztes Atemschutzsystem (powered air-purifying-respirator PAPR) und Maske

Eines der neueren Systeme stellt das gebläse-unterstützte Atemsystem PAPR (X-Plore 7500, Draeger Safety, Hamburg, Deutschland, Abb.2) dar. Bei diesem System werden zwei bzw. drei Filter mit einem Gebläse kombiniert. Das Gebläse saugt dabei Außenluft an, die gefiltert wird und über einen Schlauch in die Atemschutzmaske gelangt. Da das System vor Gasen, Dämpfen sowie Partikeln Schutz bietet, ist es in verschiedenen Bereichen einsetzbar, z.B. in der chemischen Industrie, in der Petrochemie und in der Landwirtschaft. Ein Akku stellt die nötige Stromversorgung für ca. zehn Stunden sicher. Der X-Plore 7500 verfügt über eine visuelle und akustische Warnvorrichtung, welche in potenziell gefährlichen Situationen, wie zum Beispiel Absinken des Luftstromes, mit Warntönen und Blinken des Displays reagiert. Zusammengenommen kommt das gebläse-unterstützte Atemschutzsystem auf ein Gewicht von 1050 Gramm und wird mittels eines Hüftgurts getragen.



Abb.2: PAPR X- Plore 7500 ohne P3-Filter

Zu dem beschriebenen gebläse-unterstützten System wurde eine locker-sitzende Haube verwendet (X-plore, Long-Hood, Draeger Safety, Deutschland, Abb.3).



Abb.3: X-Plore Lange Haube

2.2.1.3 Schutzanzug und -handschuhe

Von den Probanden wurden während des Ablaufes Schutzhandschuhe aus Butylkautschuk (0.35 Millimeter, Bluecher, Erkrath, Deutschland) getragen.

2.2.2 Patientensimulator

Für die simulierte Patientenversorgung im Rettungswagen wurde der Resusci® Junior Patientensimulator (Laerdal Medical Ltd, Orpington, UK) verwendet. Der Resusci® Junior ist ein moderner pädiatrischer Patientensimulator der Größe eines fünfjährigen Kindes. In der folgenden Tabelle sind einige Simulationsfunktionen des Resusci® Junior Manikin aufgelistet.

2. Probanden, Material, Methoden

Atemwege	<ul style="list-style-type: none"> • Beutel-Masken Beatmung (*) • Endotracheale Intubation (*) • Atemwegshilfen oro- und nasopharyngeal einsetzen, z.B. Larynxmaske oder Tubus (*) • fiberoptische Intubation • retrograde Intubation • fiberoptische Bronchoskopie • Chirurgische Koniotomie • Nadel-Koniotomie • Spontanatmung mit variierbarer Respirationsrate • Abfall der Lungenresistance • Zungenödem • Laryngospasmus • pharyngeale Obstruktion • Dekompression eines Pneumothorax, Thoraxdrainage • Dekompression des Magens
Medikamentenapplikation	<ul style="list-style-type: none"> • Zugang intravenös., Vene und Haut erneuerbar • subkutane/ intramuskuläre/ intraossäre Injektion (*)
Kardia kardiopulmonal	<ul style="list-style-type: none"> • vielseitige EKG-Rhythmen-Datenbank (*) • Defibrillation • kardiales Monitoring • Anbringen externer Herzschrittmacher mit variabler Frequenzeinstellung • Beatmung (*) • separate Anzeige von EKG und Herzfrequenz • Thoraxkompression (*) • Kompressions- oder pulssynchronisierte EKG-Antwort
Blutdruck und Pulse	<ul style="list-style-type: none"> • Systolischer/ diastolischer Blutdruck geringfügig variierbar • Blutdruck und Puls auskultierbar (*) • Blutdruck automatisch messbar • Puls palpabel: A.brachialis, A.carotis (*), A.femoralis, A.radialis, A.tibialis posterior und A.dorsalis pedis • Pulsstärke variiert abhängig von Blutdruck und Lokalisation des palperten Pulses

Tabelle 1: Die Simulationsmöglichkeiten zu Übungszwecken des Resusci® Junior Patientensimulators. Die in der Studie genutzten Funktionen sind mit (*) gekennzeichnet.

2.2.3 Rettungsfahrzeug

Die Übungspuppe wurde auf der Trage in einem Rettungswagen platziert. Der Rettungswagen entsprach dem Standard Rettungsfahrzeug des *London Ambulance Service NHS Trust*.

2.2.4 Masken-Beutel-Beatmung

Zur Masken-Beutel-Beatmung wurde eine „Ambu Mark III Resuscitator™“ (Ambu A/S, Dänemark), mit einer mit pädiatrischen Beatmungsmaske der Größe 3 verwendet. Ein CBRN-Atemfilter (A2B2E2K1-P3D, Dräger Safety, Deutschland) wurde an das System angeschlossen.

2.3 Methoden

2.3.1 Studienprotokoll

Das Szenario fand an einem Trainingszentrum für *Paramedics* in England statt. Der Ablauf erfolgte entsprechend den Algorithmen des *European Emergency Paediatric Life Support (EPLS)*. Der Ablauf war übereinstimmend mit den pädiatrischen Richtlinien des *London Ambulance NHS Trust*.

Der pädiatrische Patientensimulator wurde auf der Trage des Rettungswagens positioniert, welcher mit entsprechender Ausrüstung wie Endotrachealtuben, Laryngoskop, Notfallmedikamente etc. ausgestattet war. Zusätzlich befand sich ein halbautomatischer Defibrillator (Heartstart FR2™, Laerdal Medical Ltd, Orpington, UK) in dem Fahrzeug. Der gesamte Ablauf wurde zur späteren Auswertung auf Video aufgezeichnet.

Jeweils zwei *Paramedics* bildeten ein Team, so dass insgesamt acht Teams das Szenario durchliefen.

Das Szenario begann mit der Untersuchung des Patientensimulators und das folgende Feststellen von Apnoe und Herzstillstand. Teil 1 der Simulation bestand aus der Masken-Beutel-Beatmung durch einen der beiden *Paramedics* mit einem konventionellen Beatmungsbeutel. Zudem wurden in diesem Teil auch die EKG-Elektroden angebracht, was

2. Probanden, Material, Methoden

von dem zweiten *Paramedic* übernommen wurde. In der Ableitung zeigte sich eine A-systolie. Während ein *Paramedic* stetig weiter beatmete, führte der andere die Herzdruckmassage durch. Teil 2 beinhaltete die Intubation mittels eines Endotrachealtubus (ID 5,5 Millimeter), eines Laryngoskops mit einem pädiatrischen Macintosh Spatel der Größe 2. Der Tubus wurde mit einem *Thomas™*-Endotrachealtubus-Halter fixiert. Mit dem Anschließen an die manuelle Masken-Beutel-Beatmung wurde Teil 2 abgeschlossen.

Anschließend erfolgte im Teil 3 des Szenarios die Anlage des intraossären Zugangs. Hierfür wurde das EZ-IO®-System (Vidacare, Texas, USA) mit einer 25 Millimeter-Kanüle verwendet. Zum Spülen wurden 10 Milliliter isotonische Kochsalzlösung (NaCl) injiziert.

Teil 4 umfasste die Applikation der Notfallmedikamente Atropin sowie Adrenalin. Anschließend wurde eine zweite Einheit 10 Milliliter NaCl verabreicht. Während des gesamten Ablaufs (Teil 1-4) wurde die Herzdruckmassage kontinuierlich durchgeführt. Tabelle 2 fasst die einzelnen Teile des Ablaufs zusammen.

	Paramedic 1	Paramedic 2
Teil 1	Feststellen von Apnoe und Herzstillstand; Masken-Beutel-Beatmung	Anbringen der EKG-Elektroden; Ableitung Vorbereitung für die Intubation
Teil 2	Intubation mittels Endotrachealtubus; An- schließen an das Beatmungsgerät	Herz-Druck-Massage
Teil 3	Legen eines intraossären Zugangs	Herz-Druck-Massage
Teil 4	Gabe der Notfallmedikamente	Herz-Druck-Massage

Tabelle 2: Ablauf der Simulation

Das Szenario wurde von allen Teams dreimal durchlaufen: Die Kontrollgruppe ohne Atemschutzsystem, die APR Gruppe mit dem konventionellen Filter-Atemschutzsystem und die PAPR-Gruppe mit dem gebläse-unterstützten Atemschutzsystem. Um Lerneffekte zu minimieren, wurde ein randomisiertes Crossover-Design verwendet, durch das die Teams eine zufällig ausgewählte Reihenfolge der oben genannten Durchläufe einhalten mussten. Nach dem Beenden der Durchläufe füllten die Probanden isoliert voneinander den Fragebogen aus (2.2.3.).

2.3.2 Fragebogen

Zur Evaluation des Tragekomforts in Bezug auf die Mobilität (Mobility), Kommunikation (Noise), Hitzeentwicklung (Heat) und die Dexterität (Dexterity), wurden die Probanden, nachdem sie das Szenario durchlaufen hatten, dazu aufgefordert, einen Fragebogen auszufüllen. Der Fragebogen ist in Abb. 4 dargestellt.



	<p style="text-align: center;">PAPR Hood (Powered air purifying respirator hood)</p> 	<p style="text-align: center;">APR (Air purifying respirator)</p> 
Mobility	[0 1 2 3 4 5] Worst Best	[0 1 2 3 4 5] Worst Best
Noise	[0 1 2 3 4 5] Worst Best	[0 1 2 3 4 5] Worst Best
Heat	[0 1 2 3 4 5] Worst Best	[0 1 2 3 4 5] Worst Best
Dexterity	[0 1 2 3 4 5] Worst Best	[0 1 2 3 4 5] Worst Best

Abb.4: Fragebogen zum Anwenderkomfort

2.3.3 Dokumentation des Studienablaufs

Der Ablauf wurde mit einer digitalen Weitwinkelvideokamera aufgezeichnet. Die Kamera befand sich im Inneren des Rettungsfahrzeuges und war dort fest montiert, sodass die Aufzeichnungen immer aus der gleichen Perspektive entstanden.

2.3.4 Statistik

Mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests konnte die Normalverteilung der Testergebnisse bestätigt werden. Darauf aufbauend konnte die Vergleichbarkeit der Teams in Bezug auf die Zeiten durch eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) untersucht werden. Die einfaktorielle Varianzanalyse ermöglicht die Untersuchung des Einflusses einer unabhängigen Variablen (Faktor) mit k Ausprägungen (Ablauf ohne Atemschutzsystem; Ablauf mit APR-System; Ablauf mit PAPR-System) auf eine abhängige Variable (Zeit). Ob die Mittelwerte zweier Stichproben aus der ANOVA gleich sind, wurde durch einen Tukey-Kramer Test ermittelt. Das Signifikanzniveau wurde festgelegt auf 5 Prozent, also einem p-Wert größer als 0,05.

Die statistischen Berechnungen erfolgten mit Hilfe von SPSS® (Statistical Package for the Social Sciences, SPSS Software Products, USA). Für das Anfertigen der Diagramme kamen Microsoft Excel® (Microsoft Inc., USA) sowie Sigmaplot® (Jandel GmbH, Erkrath, Deutschland) zur Anwendung.

3. Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der Simulation

Alle 16 Probanden konnten den Ablauf ohne Zwischenfälle erfolgreich abschließen. Keiner der *Paramedics* zeigte Zeichen von Erschöpfung, Atemnot oder sonstige Einschränkungen unter dem ungewohnten Tragen der Schutzausrüstungen.

Insgesamt wurde das Szenario von der Kontrollgruppe in einer Zeit zwischen 244-286 Sekunden durchgeführt, in der APR- Gruppe in einer Zeit zwischen 259-288 Sekunden und in der PAPR-Gruppe in einer Zeit zwischen 264-318 Sekunden. Die Grenzen der Zeitspannen bilden jeweils das langsamste und das schnellste Team in einer Gruppe.

	Kontrollgruppe (s ± SD)	APR- Gruppe (s ± SD)	PAPR- Gruppe (s ± SD)	p
Masken-Beutel-Beatmung	73 ± 5	77 ± 4	80 ± 8	0.007
Endotracheale Intubation	87 ± 6	90 ± 4	92 ± 4	0.016
Intraossärer Zugang	60 ± 4	63 ± 5	67 ± 6	0.001
Notfallmedikamentenapplikation	41 ± 5	44 ± 4	47 ± 4	0.074
Gesamt	261 ± 12	275 ± 9	286 ± 13	0.0001

Tabelle 3: Arithmetische Mittel der Zeiten der einzelnen Arbeitsschritte in Sekunden (s) ± Standardabweichung (SD)

Die in Tab.3 dargestellten Zeiten der einzelnen Arbeitsschritte zeigen einen signifikanten Unterschied beim Legen des intraossären Zugangs. Dieser Schritt wurde von der PAPR-Gruppe am langsamsten durchgeführt.

Teil 2, die endotracheale Intubation, hat mit 87 bis 92 Sekunden am längsten gedauert. Es folgen die Masken-Beutel-Beatmung und das Legen eines intraossären Zugangs (Teil 1 und 3) mit 73-80 bzw. 60-67 Sekunden. Am schnellsten gestaltete sich die Applikation der Notfallmedikamente mit 41-47 Sekunden. Die endotracheale Intubation konnte von allen Paramedics ohne Schwierigkeiten durchgeführt werden. Dabei wurde von 12 der 16

3. Ergebnisse

Probanden ein Intubationskatheter (gebogen, 800 Millimeter, 10 ch, P3, Bristol, UK) verwendet. Die Abb.5 zeigt die Zeiten der Arbeitsschritte der unterschiedlichen Gruppen.

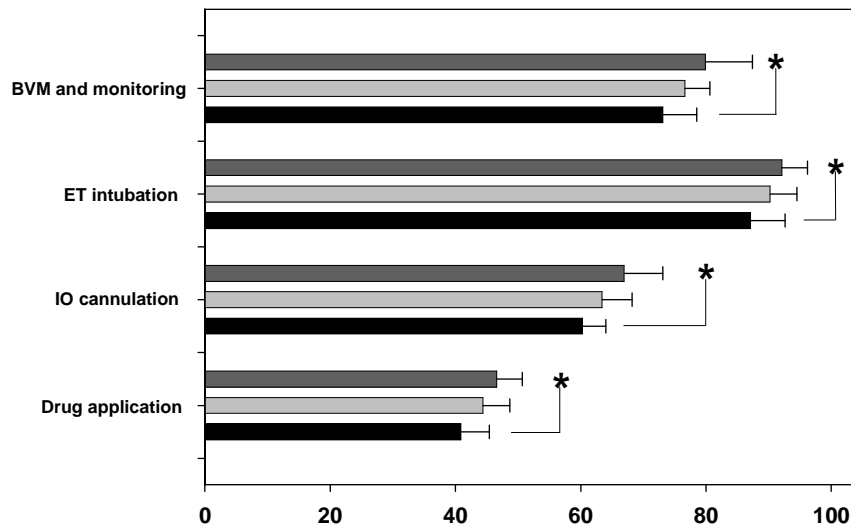


Abb.5: Zeiten der Arbeitsschritte, schwarzer Balken: Kontrollgruppe, dunkelgrauer Balken: APR, hellgrauer Balken: PAPER. Engl. Legende: *BVM and monitoring*: Beutelmaskenbeatmung und Anbringen der Überwachungsmonitore; *ET intubation*: Endotracheale Intubation; *IO cannulation*: Anlegen des intraossären Zugangs; *Drug application*: Applikation der Medikamente

3.2 Ergebnisse des Fragebogens

Um herausfinden zu können, wie die Probanden den Tragekomfort bewerten, wurden vier wichtige Aspekte definiert: Mobilität, Hitzeentwicklung, Kommunikationsfähigkeit, sowie Dexterität. Wie in Tabelle 4 zu sehen ist, wurde das APR-System in Bezug auf Mobilität, Kommunikationsfähigkeit sowie Dexterität von den Paramedics signifikant besser bewertet. Bei der Frage nach der Hitzeentwicklung schnitt das PAPER-System signifikant besser ab.

3. Ergebnisse

	APR (s ± SD)	PAPR (s ± SD)	p
Mobilität	2.7 ± 0.5	1.8 ± 0.7	0.000
Kommunikationsfähigkeit	3.3 ± 0.7	2.1 ± 0.7	0.001
Hitzeentwicklung	1.7 ± 0.7	3.7 ± 0.5	0.000
Dexterität	2.6 ± 0.8	1.8 ± 0.7	0.001

Tabelle 4: Ergebnisse des Fragebogens zum Tragekomfort

4. Diskussion

4.1 Diskussion der Methoden

4.1.1 Probanden

In Großbritannien wird die präklinische Notfallversorgung von *Paramedics* sichergestellt. Die britische Ausbildung zum *Paramedic* umfasst 3 Jahre, unterteilt in ein Jahr für eine theoretische Ausbildung sowie zwei Jahre praktischer Ausbildung, sowohl auf dem Rettungswagen als auch im Intensivmedizinischen Bereich und im OP [13]. Somit ist die Ausbildungskompetenz der *Paramedics* mit der von erfahrenen Rettungssanitätern in Deutschland vergleichbar. Aufgrund der global gestiegenen Gefahrenlage bezüglich einer vorsätzlichen Freisetzung toxischer oder infektiöser Substanz wurden in vielen Ballungszentren Großbritanniens *Paramedics*-Einheiten mit persönlicher Schutzausrüstung ausgestattet. Im Großraum London trägt sogar jeder *Paramedic* einen Strahlungssensor, welcher bei Detektion von Radionukleotiden alarmiert. In unserer untersuchten Gruppe besaß keiner der 16 Probanden Erfahrungen im Umgang mit den Atemschutzsystemen. Die Probandengruppe der *Paramedics* haben wir in unserer Studie gewählt, da sie beispielsweise im Falle eines CBRN-Einsatzes unter den Ersten der am Unfallort eintreffenden medizinischen Fachkräfte sind. Somit sind sie auch unter den Ersten, die ihre Arbeit beim Tragen einer Schutzausrüstung durchführen müssen.

4.1.2 Material und Ablauf der Simulation

Der Ablauf der Studie war im Vorfeld detailliert strukturiert. Mehrere Tage vor der Rekrutierung erfolgte eine Aufklärung über unser Studienprojekt durch einem unabhängigen leitenden *Paramedic* des Trainingszentrums. Jeder Proband wurde über die Arbeitsschritte aufgeklärt und gab sein schriftliches Einverständnis über die Videodokumentation. Eine exakte Rekonstruktion war Dank der Aufzeichnungen der Videokamera möglich, sodass die Zeiten der einzelnen Arbeitsschritte genau bestimmt und verglichen werden konnten.

Nach anonymisierter Auswertung wurde das Filmmaterial entsprechend den Richtlinien des lokalen Research and Development Offices gelöscht.

4.1.2.1 Atemschutzausrüstung

Der Einsatzbereich von Atemschutzmasken erstreckt sich von gewerbehygienischen, industriellen, feuerwehrtechnischen, bis hin zum militärischen Gebrauch. In Bereichen wie beispielsweise der chemischen Industrie, der Petrochemie und der Landwirtschaft ist der Gebrauch von Atemschutzmasken ein wesentlicher Bestandteil des Arbeitsschutzes. Die Entwicklung wurde nicht nur durch zivile Industriezweige sondern insbesondere durch die chemische Kriegsführung im ersten Weltkrieg vorangetrieben [17].

Auch heute werden Atemschutzsysteme immer weiterentwickelt. Vor allem in Bezug auf die Atemphysiologie bei Benutzung einer Atemschutzmaske wird versucht, für immer steigende Qualität zu sorgen, da das Tragen dieser Masken bestimmte Parameter bei der Atmung verändert. Dazu gehören eine Erhöhung des Atemwegswiderstands und der Totraumventilation. Insbesondere der inspiratorische Atemwegswiderstand sorgt für einen unerwünschten atemphysiologischen Effekt [18, 19]. Durch die Erhöhung der Totraumventilation wird die Elimination von Kohlendioxid beeinträchtigt und es kann zur vermehrten Atemarbeit und zu einer schnelleren Erschöpfung des Trägers kommen. Bei modernen Atemschutzmasken konnte der Atemwegswiderstand auf ca. 1-2 Millibar gesenkt werden. Um den Atemwiderstand weiter zu reduzieren, wurden gebläse-unterstützte Atemschutzsysteme entwickelt. Hierbei wird dem Träger stetig Luft in die locker-sitzende Haube, mit Hilfe einer Ventilator-Filter-Kombination, zugeführt. Zusätzlich schützen diese Systeme vor Hitzeentwicklung bzw. einem möglichen Beschlagen der Sichtschutzscheibe. In Bezug auf die angesprochene Beeinflussung der Atemphysiologie durch das Tragen eines Atemschutzsystems bietet das gebläse-unterstützte System einen positiven Effekt, was bereits durch frühere Studien gezeigt werden konnte [20]. Allerdings könnte neben dem vergleichsweise hohen Preis die eventuelle Einschränkung der Bewegungsfreiheit, insbesondere in einem Rettungswagen, einen negativen Aspekt darstellen [11].

Verglichen zu der Kontrollgruppe führte nur das Tragen des PAPR-Systems zu einer signifikant längeren Ablaufdauer. Die Vermutung liegt nahe, dass die locker-sitzende Haube, verbunden mit der Gebläse-Filter-Kombination, die mit Hilfe eines Gürtels am Körper getragen wurde, für mehr Vorsicht von Seiten der Probanden bei der Arbeit gesorgt hat. Hierdurch verliert der *Paramedic* Zeit. Das Tragegefühl des eng-sitzenden APR-Systems

wurde dagegen von den meisten *Paramedics* im Vergleich als angenehmer sowie als handlicher beschrieben [11].

In früheren Studien, die unter gleichen Bedingungen, aber mit der eng-sitzenden Haube für beide Systeme und einem erwachsenen Manikin durchgeführt wurden, fiel die Bewertung des Tragekomforts der Haube ähnlich gut aus [21].

4.1.2.2 Patientensimulator

In der medizinischen Schulung und Ausbildung werden heutzutage Patientensimulatoren eingesetzt. Die Simulatoren haben sich in den letzten Jahren weiterentwickelt, sodass sie eine immer wachsende Vielfalt durchführbarer Maßnahmen aufweisen. Die Übung an ihnen umfasst einen breiten Aufgabenbereich im Rahmen der Notfallversorgung, von der Intubation über das Legen von intravenösen Zugängen bis hin zur Reanimation.

Der standardisierte Ablauf an einem Patientensimulator ermöglicht nicht nur die Schulung bestimmter Fertigkeiten, sondern macht die Abläufe zusätzlich vergleichbar und sorgt somit für eine objektive Feedback-Möglichkeit. Zusätzlich können CBRN-Einsätze, bei denen die Rettungshelfer Schutzausrüstungen tragen müssen, ohne Gefährdung durch Infektion oder Intoxikation, geübt werden. Heutzutage gehört die Schulung von Behandlungsalgorithmen bei Opfern von CBRN-Vorfällen nach Berkenstadt und Subbarao zu den etablierten Trainings- und Beurteilungsmethoden [22, 23, 24].

In unserer Studie wurde erstmalig der Bereich der pädiatrischen Notfallversorgung untersucht. Dafür verwendeten wir einen Kindersimulator, an der die Probanden das Notfallszenario durchführen mussten.

4.1.2.3 Notfallsimulation

Paramedics werden darauf geschult, Handlungsabläufe soweit zu verinnerlichen, dass sie in Notfallsituationen möglichst fehlerfrei ablaufen. Dazu gehört auch der aktuelle kardiopulmonale Reanimationsalgorithmus des *European Resuscitation Council*. Er ist ein wesentlicher Bestandteil der Ausbildung und könnte auch bei CBRN-Intoxikationen zum Einsatz kommen. Die anwesenden *Paramedics* waren mit den Abläufen der kardiopulmonalen Reanimation vertraut und befanden sich zu dem Zeitpunkt der Messung auf dem gleichen Ausbildungsstand.

4.1.2.4 Fragebogen

Nachdem die Probanden den Ablauf beendet hatten, wurden sie dazu aufgefordert, einen Fragebogen zu den Trageeigenschaften der Atemschutzausrüstungen auszufüllen. Dabei sollten sie die Mobilität, die Kommunikationsfähigkeit, die Hitzeentwicklung und die Dexterität auf einer Skala von null bis fünf beurteilen, wobei null das schlechteste und fünf das beste Ergebnis darstellte. In Bezug auf die Compliance des Trägers eines Atemschutzgerätes handelt es sich bei den erfragten Bereichen um wichtige Gesichtspunkte [9]. Bezüglich der Leichtigkeit zu atmen konnte bereits gezeigt werden, dass das gebläseunterstützte System gegenüber einem filtrierenden Atemschutzsystem als signifikant besser bewertet wurde [20]. In einigen Studien ist das Tragen von Vollgesichtsmasken getestet worden. So haben, nach Schumacher et al. Vollgesichtsmasken bei der medizinischen Notfallversorgung Vorteile in Bezug auf visuelle Gesichtspunkte gegenüber biokulären Masken [25].

4.2. Diskussion der Studienergebnisse

4.2.1 Entwicklung von Atemschutzausrüstungen und dessen Bedeutung

Erstmalig wurden im Ersten Weltkrieg Sanitäter mit Sauerstoffschutzgeräten ausgerüstet, um während des Einsatzes chemischer Kampfstoffe agieren zu können [16,26]. Die Firma Dräger begann Anfang des letzten Jahrhunderts mit der Entwicklung von Atemschutzgeräten, die hauptsächlich im Bereich des Bergbaus eingesetzt wurden. Dabei stellte bereits der Einsatz von umluftunabhängigen Druckgasbehältern einen erheblichen Fortschritt hinsichtlich der Anwendungsdauer dar. Die zunächst sehr einfachen Atemschutzgeräte entwickelten sich in den Folgejahren zu immer komplexeren Systemen. Hinzu kam neben Schutzhelmen und integrierten Sichtschutzvorrichtungen auch die Lungenkraft-Dosierung, die ebenso für eine längere Anwendbarkeit sorgen sollte. Wiederum nachfolgende Geräte ermöglichten neben der Sauerstoffdosierung über die Lungenkraft die Überschusslüftung bei überfülltem Atembeutel. In der weiteren Entwicklung ging es in erster Linie darum, das Gewicht der Systeme zu reduzieren und insgesamt die Anwendungszeit zu steigern [27].

Während des 2. Weltkrieges wurden in Deutschland Organophosphat-Kampfstoffe wie Soman und Sarin entwickelt [26], die in der Zeit allerdings nicht zum Einsatz kamen [14]. Diese sogenannten Nervengase sind in ihrer Produktion kostengünstig [29] und wurden beispielsweise 1994/95 in Japan bei Anschlägen als Kampfstoff eingesetzt [30]. Symptome, die durch den Einsatz genannter Nervengase auftreten, sind vor allem Rhinorrhoe, Cephalgien, Miosis, Sehstörungen, bei sehr hohen Konzentrationen auch Krampfanfälle und Atemlähmung [16, 28].

In den letzten Jahrzehnten kam es vereinzelt zu Anschlägen mit CBRN-Substanzen. So wurde beispielsweise im Jahre 1995 in einer U-Bahn in Tokio Sarin freigesetzt. 2001 wurden in den USA Briefe eingesetzt, die mit dem Milzbranderreger *Bacillus anthracis* kontaminiert waren [31]. Die Befürchtung, dass in Zukunft weitere CBRN-Substanzen für den Terrorismus genutzt werden, liegt nahe [26]. Ihre Anwendung hat bereits zur Intensivierung von Katastrophenschutzvorbereitungen geführt. Die Europäische Kommission und

der Europäische Rat einigten sich im Jahre 2002 auf ein Programm zum besseren Schutz vor CBRN-Substanzen [32].

In London wurden 2006 *Hazardous Area Response Teams* aufgestellt, um im Fall eines CBRN-Ereignis die medizinische Versorgung innerhalb der Schadenszone zu gewährleisten [12]. Im Fokus stand dabei der ausreichende Schutz des medizinischen Rettungspersonals durch entsprechende Schutzausrüstung. Besonders wichtig in diesem Zusammenhang ist die Schulung des Umgangs mit der Schutzausrüstung, um die Qualität der Arbeit des Personals gewährleisten zu können [33, 34].

Terroranschläge wie in den USA im September 2001 zeigen die Notwendigkeit der Benutzung von Atemschutzausrüstungen. Hier wurden Helfer, die bei der Bergung und bei Aufräumarbeiten aktiv waren, untersucht. Ein Großteil der Beteiligten trug keinen Atemschutz, obwohl es durch die Trümmer zur Feinstaub- und Giftstoffbelastung kam. Daraufhin wurde bei Helfern ein Absinken des forcierten expiratorischen Volumens festgestellt, was die Notwendigkeit der Verbesserung des Einsatzes von Atemschutzausrüstungen sowie der Langzeitbeobachtung von exponierten Personen hervorhebt [35, 36].

4.2.2 Richtlinien bei CBRN-Einsätzen

Sobald nur der geringste Verdacht besteht, dass es zum Einsatz von CBRN-Substanzen gekommen ist, müssen Experten eingeschaltet werden [37]. Das ist für die Identifizierung des Agens und die damit verbundene Behandlung der Opfer von besonderer Bedeutung. Beim Einsatz von mehreren Agenzien steigen die Schwierigkeit der Identifizierung und damit auch die Mortalität [29].

Einen Ort, an dem es zu einem CBRN-Einsatz gekommen ist, teilt man in drei verschiedene Zonen ein. Als „heiße Zone“ bezeichnet man den Bereich der Freisetzung einer Substanz. Die sog. „warme Zone“ ist der Bereich, in dem die Patienten gesammelt und dekontaminiert werden. Die Bereiche, die nicht in den beiden oben genannten Zonen liegen, bekommen den Namen „kalte Zone“. Bei einem CBRN-Einsatz werden die Patienten in einen möglichst windgeschützten Bereich aus der „heißen Zone“ evakuiert und schnellst möglich dekontaminiert. Dieser Bereich heißt dann „warme Zone“, da er durch die Evakuierung geringfügig kontaminiert wird. Sowohl in der „heißen Zone“, als auch in der „warmen Zone“ ist es wichtig, dass das Rettungspersonal eine Schutzausrüstung trägt, bestehend aus Sicht- und Atemschutz, sowie einem Schutzanzug [38].

4. Diskussion

Bei einem CBRN-Einsatz wird in der heißen Zone mit der Versorgung der Opfer begonnen. So können die Überlebenschancen maximiert werden [39].

Prähospital ist es wichtig, die Vitalfunktionen der Opfer zu sichern und gegebenenfalls schon mit der entsprechenden Therapie zu beginnen, beispielsweise mit der Gabe eines Antidots oder eines Antibiotikums bei biologischen Waffen [29, 39].

4.2.3 Bedeutung der Studienergebnisse

Diese Studie ist die erste, die sich mit dem Einfluss von Atemschutzsystemen auf die simulierte pädiatrische Reanimation beschäftigt. Die Bedrohung, die von der Freisetzung von toxischen oder pathogenen Substanzen ausgeht, wurde bereits mehrfach von Spezialisten des Gesundheitswesens hervorgehoben [37, 40]. Der Ausschuss für Umwelt und Gesundheit, bzw. der Ausschuss für Infektionskrankheiten berichten, dass von Seiten des Katastrophenschutzes und der Gesundheitsbehörden ein Konzept entwickelt wird, das zunehmend in die Richtung einer „all-hazards“-Methode tendiert [6]. Mit Hilfe eines einheitlichen Modells des Katastrophenschutzes soll die Struktur der öffentlichen Gesundheit verstärkt werden. So kann beispielsweise das gleiche Protokoll, welches zur Reaktion auf das Auftreten von Pocken entwickelt wurde, auf das Ausbrechen der Vogelgrippe übertragen werden. Im Jahre 2004 lieferte die Ausbreitung von SARS (schweres akutes respiratorisches Syndrom), welches mit dem Coronavirus assoziiert ist (SARS-CoV), ein gutes epidemiologisches Model zur Ausbreitung von neuen Infektionen, welche über den Atemweg übertragen werden [2]. Die Mehrheit ernsthafter Atemwegserkrankungserreger finden ihren Weg über den Atemtrakt in den menschlichen Körper. Während der durch den H1N1-Grippeerreger ausgelösten Pandemie 2010 wurden Arbeitskräfte des Gesundheitswesens mit Einweg-Halbmasken-Atemschutzsystemen sowie mit Spritzschutzvisieren ausgerüstet. Um dem behandelnden medizinischen Personal einen gewissen Schutz zu gewährleisten, wurden von Seiten des Gesundheitsministeriums und der Gesundheitsschutzbehörde Richtlinien veröffentlicht [7, 8].

Für gewöhnlich wird im Gesundheitswesen die Benutzung einer Hochleistungsschwebstofffilter-Atemmaske (99N) empfohlen, welche 99.97 Prozent der Partikel mit einem mittleren Durchmesser von 0.3 Millimetern filtert [9]. Ein deutlicher Nachteil der Einweg-Halbgesichtsmasken ist die oft ungenaue Passform an die anatomischen Gegebenheiten des Trägers. Der erforderliche Schutz kann bei starker Exposition oder Exposition mit akut lebensbedrohlichen Pathogenen durch die eingeschränkte Dichtigkeit gegebenenfalls nicht gewährleistet werden [9, 41]. Damit auch die Augen hinreichend geschützt sind, müssen Halbgesichtsmaskensysteme außerdem mit einer Schutzbrille bzw. einem Gesichtsschutz kombiniert werden. Diese beschlagen allerdings oft; insbesondere für einen längeren Einsatz stellt das einen weiteren Nachteil dar. Auf Grund dieser Tatsachen ist bei einer Exposition mit akut lebensbedrohlichen Pathogenen bzw. bei Exposition mit toxischen Chemikalien eine Vollgesichtsmaske empfohlen. Diese sind als eng-sitzende

APR-Systeme erhältlich, bei denen der Träger Atemluft durch einen Filter einatmet. Dabei gelangt der inspiratorische Luftstrom zunächst in den Bereich der Sichtscheibe und verhindert dadurch das Beschlagen. Abzugsventile leiten hingegen die feuchte Expirationsluft aus der Vollgesichtsmaske heraus. Solche modernen Systeme verhindern nicht nur das Beschlagen der Sichtscheibe, sondern reduzieren ebenso die inspiratorische CO₂-Konzentration [42].

Moderne filtrierende Atemschutzsysteme führen zu einem geringen Widerstand von 1-2 milibar, jedoch kann dies zu einer Steigerung der Atemarbeit bei Erhöhung sowohl des expiratorischen als auch des inspiratorischen Widerstands sowie zur erhöhten Totraumventilation führen. Dieser Vorgang stellt einen entscheidenden physiologischen Effekt dar [43, 44]. Um den Belastungen entgegenzuwirken, wurden gebläse-unterstützte Atemschutzsysteme entwickelt. Diese Systeme enthalten eine Pumpe, welche kontinuierlich Umgebungsluft ansaugt und es durch einen Filter über einen Schlauch in die locker-sitzende Haube weiterleitet. Die Lüftungs-Filter-Kombination trägt der Benutzer mit Hilfe eines Gürtels am Körper.

Die PAPR-Systeme sind zwar teurer, dafür reduzieren sie die zuvor angesprochenen Probleme der Hitzeentwicklung, des Atemwiderstandes und somit der Totraumventilation. Die locker-sitzenden Hauben der gebläse-unterstützten Systeme können von bärtigen Menschen gleichermaßen getragen werden und sie scheinen für eine längere Anwendung geeignet zu sein. Allerdings kann die Bewegungsfreiheit unter bestimmten Umständen beeinflusst sein, z.B. beim Tragen der Schutzausrüstung in einem begrenzten Raum wie der des Rettungswagens.

Unsere Studie zeigte, dass das PAPR-System, nicht jedoch das APR-System, zu einer signifikanten Verzögerung bei der Simulation, verglichen mit der Kontrollgruppe, führte. Wir vermuten, dass das sperrige PAPR-System, vor allem durch die locker-sitzende Haube und dem Verbindungsschlauch mit dem Belüftungs-Filter-System, zu einem behutsameren Umgang während der Simulation und dadurch zu verzögerten Behandlungszeiten führt. Als weniger sperrig wurde von den meisten Probanden im Fragebogen dagegen das eng-sitzende APR-System bewertet. Das könnte in engen Räumen, wie dem Rettungswagen, von Vorteil sein. Unterstützt wird die Annahme durch früher durchgeführte Studien an erwachsenen Puppen, bei denen sowohl in der APR, als auch in der PAPR-Gruppe die eng-sitzende Gesichtsmaske CDR4500 zum Einsatz kam. Hier hat ein Großteil beider Gruppen das System als bequem und sicher eingestuft.

Die zuvor beschriebenen Ergebnisse in Bezug auf die Komfortabilität des PAPR-Systems weisen Unstimmigkeiten gegenüber anderen Studien auf. Als beispielsweise im Jahr 2003 in Singapur eine SARS-CoV Epidemie ausbrach, wurde das medizinische Fachpersonal zu den damals verpflichtend zu verwendenden locker-sitzenden PAPR-Systemen befragt [45]. Nur einige Wenige der Befragten empfanden das System als unkomfortabel. Zusätzlich wurden Schwierigkeiten mit der Kommunikation angegeben. Diese Ergebnisse unterscheiden sich von den Ergebnissen in unserer Studie. Allerdings haben wir, anders als bei der zuvor genannten Studie, zwei Systeme miteinander verglichen und zusätzlich unter simulierten Bedingungen gearbeitet.

Außerdem ist hier erneut anzumerken, dass die unterschiedlichen Platzverhältnisse, Klinik im Vergleich zum Rettungswagen, vermutlich eine entscheidende Rolle spielen. Die zur SARS Epidemie durchgeführte Befragung wurde zur Richtliniengestaltung im Klinikalltag übernommen.

Im Jahre 2007 wurden die Auswirkungen des Tragens von drei verschiedenen Schutzausrüstungen während der Durchführung von vier verschiedenen Intubationstechniken durch Anästhesisten untersucht [46]. Auf die endotracheale Intubation bezogen, zeigten die Ergebnisse keine Zeitverzögerung durch das PAPR-System. Auch das lässt sich vermutlich ebenfalls durch den vermehrten Platz, der den Probanden zur Verfügung stand, erklären [11].

4.2.4 Limitationen der Studie

Auf einige Limitationen bei unserer Studie muss hingewiesen werden.

Bei einer simulierten Notfallversorgung besteht keine reale Gefahr der Intoxikation der Rettungskräfte durch CBRN-Substanzen. Bei dem zu versorgenden Patienten handelte es sich um eine Übungspuppe. Der psychische Druck, unter dem die Probanden arbeiten mussten, war daher geringer als bei einem realen Rettungseinsatz. Aus ethischen Gründen lässt sich diese Limitation nicht lösen.

Zusätzlich sind bei einem Massenanfall von Verletzten mehrere Patienten gleichzeitig zu versorgen, das Augenmerk liegt nicht nur auf einem Patienten, wodurch die Versorgungssituation ungünstiger ist [1]. Dadurch wäre der Druck bei der Arbeit für das medizinische Personal enorm gesteigert und führt möglicherweise zu einer verlängerten Durchführung der Rettungsmaßnahmen bzw. frühzeitigen Erschöpfung der Rettungskräfte.

5. Zusammenfassung

Ziel: Die pädiatrische Notfallversorgung nach akzidenteller oder vorsätzlicher Freisetzung von gesundheitsgefährdenden Agenzien bzw. nach Infektion des Kindes mit übertragbaren Erkrankungen des Respirationstraktes erfordert besonderen Schutz des Rettungspersonals. Es wurden das konventionelle, eng-sitzende APR-System und das modernere locker-sitzende PAPR-System gegenübergestellt und deren Einfluss auf den Ablauf der lebensrettenden Maßnahmen untersucht. Anhand der Ergebnisse sollen die Rettungseinsatzplanung und die Maßnahmen zum Schutz des Personals verbessert werden.

Material und Methoden: 16 *Paramedics* führten in einem Rettungswagen einen standardisierten Ablauf pädiatrischer lebenserhaltender Maßnahmen durch. Das Reanimations-szenario wurde in verschiedenen persönlichen Schutzausrüstungen durchgeführt. Die Behandlungszeiten und der Tragekomfort wurden ermittelt und untereinander verglichen.

Ergebnisse: In dem Fragebogen gaben die Probanden an, dass die Dexterität, die Kommunikation und die Bewegungsfreiheit in der APR-Gruppe signifikant besser empfunden wurde, während es bei der PAPR-Gruppe zu signifikant weniger Hitzeentwicklung kam. Die Behandlungszeiten der APR-Gruppe zeigten keinen signifikanten Unterschied im Vergleich zur Kontrollgruppe. Allerdings zeigte die PAPR-Gruppe gegenüber der Kontrollgruppe einen signifikanten zeitlichen Unterschied (Kontrollgruppe: 261 ± 12 Sekunden, APR-Gruppe: 275 ± 9 Sekunden, PAPR-Gruppe: 286 ± 13 Sekunden, $p < 0,05$ ($s \pm SD$)). Somit benötigten die Probanden, die das PAPR-System trugen, für die Durchführung des Szenarios die meiste Zeit.

Schlussfolgerung: Unsere Studie zeigt eine signifikant bessere Behandlungszeit der APR-Gruppe verglichen mit der PAPR-Gruppe bei der Durchführung kindlicher lebenserhaltender Maßnahmen im Rettungswagen. Obwohl die Hitzeentwicklung bei dem PAPR-System geringer ausfiel, wurde dieses System im Vergleich zum APR-System und in Bezug auf die Fähigkeit zur Kommunikation, die Dexterität und die Mobilität als weniger gut bewertet.

6. Literaturverzeichnis

1. **Baker DJ:** Management of respiratory failure in toxic disasters. Resuscitation 42, 125-131; 1999
2. **Baker DJ:** Chemical and Biological Warfare Agents: The Role of the Anesthesiologist. In: Miller RA: Anesthesia. 7. Auflage, New York, Churchill Livingstone, 2333-2357; 2009
3. **Meselson M, Guillemin J, Hugh-Jones M, Langmuir A, Popova I, Shelokov A, Yampolskaya O.** The Sverdlovsk anthrax outbreak of 1979. Science 8, 266(5188):1202-1208; 1994
4. **Okumura T, Takasu N, Ishimatsu S, et al.:** Report on 640 victims of the Tokyo subway sarin attack. Ann Emerg Med 28, 129-135; 1996
5. **Cieslak TJ, Henretig FM:** Biological and Chemical Terrorism. In: Kliegman RM, Behrman RE, Jenson HB, Stanton BF: Nelson Textbook of Paediatrics. 18. Auflage, Philadelphia, Saunders, 2921-2927; 2007
6. **Committee on Environmental Health; Committee on Infectious Diseases:** Michael WS, Julia AM. Chemical-biological terrorism and its impact on children. Pediatrics 118, 1267-1278; 2006
7. **Health Protection Agency:** CBRN Incidents: A Guide to Clinical Management and Health Protection.
<http://www.hpa.org.uk/Topics/EmergencyResponse/CBRNAndDeliberateRelease/CBRNIncidentsAGuideToClinicalManagementAndHealthProtec/>
(letzter Zugriff: 03.04.2012)
8. **Department of Health:** Pandemic (H1N1) influenza: a summary of guidance for infection control in healthcare settings.

http://www.dh.gov.uk/en/Publicationsandstatistics/Publications/PublicationsPolicyAndGuidance/DH_110902 (letzter Zugriff: 07.11.2011)

9. **Martyny J, Glazer CS, Newman LS:** Respiratory protection. N Engl J Med 347(11), 824-830; 2002
10. **World Health Organization:**
Public health response to biological and chemical weapons. WHO guidance.
www.who.int/csr/delibepidemics/biochemguide/en/ (letzter Zugriff: 15.03.2012)
11. **Schumacher, Gray, Michel, Alcock, Brinker:** Respiratory protection during simulated emergency paediatric life support, European Journal of Anaesthesiology 28, 150; 2011
12. **Department of Health:**
<http://nds.coi.gov.uk/environment/fullDetail.asp?ReleaseID=269575&NewsAreaID=2&NavigatedFromDepartment=True>. GNN press release, ref 144795P (letzter Zugriff: 14.01.2011)
13. **University of Hertfordshire:** Course content.
http://www.herts.ac.uk/courses/Paramedic-Science_structure.cfm
(letzter Zugriff: 06.10.2010)
14. **Baker DJ:** Management of casualties from terrorist chemical and biological attack: a key role for the anaesthetist. Br J Anaesth 89, 211-224; 2002
15. **de Jong RH:** Nerve gas terrorism: a grim challenge to anesthesiologists. Anesth Analg 96, 819-825; 2003
16. **Baker DJ:** Chemical and biological warfare agents: The Role of the anaesthesiologists. In: Miller RA: Anaesthesia, 6. Auflage, New York, Churchill Livingstone, 2497-2526; 2004

17. **Martinez D:** Der individuelle und kollektive Gasschutz. In: Martinez D: Der Gaskrieg 1914/1918, 1. Aufl., Bonn, Bernhard und Graefe, 92-98; 1996
18. **Bradley RN:** Health care facility preparation for weapons of mass destruction. Prehospital Emergency Care 4, 261-269; 2000
19. **Weinstein RS, Alibek K:** Biological and Chemical Terrorism. A guide for Health-care Providers and First Responders. New York, Thieme Medical Publishers,; 2003
20. **Schumacher J, Gray SA, Weidelt L, Brinker A, Prior K, Stratling MWM:** Comparison of powered and conventional air-purifying respirators during simulated resuscitation of casualties contaminated with hazardous substances
Emergency Medical Journal 26, 501-505; 2009
21. **Nakajima T, Sato S, Morita H, Yanagisawa N:** Sarin poisoning of a rescue team in the Matsumoto sarin incident in Japan. Journal of Occupational and Environmental Medicine 54, 697-701; 1997
22. **Berkenstadt H, Ziv A, Barsuk D, Levine I, Cohen A, Vardi A:** The Use of Advanced Simulation in the Training of Anesthesiologists to Treat Chemical Warfare Casualties. Anesth Analg 96, 1739-1742; 2003
23. **Berkenstadt H, Erez D, Munz Y, Simon D, Ziv A:** Training and assessment of trauma management: the role of simulation-based medical education. Anesthesiol Clin 25, 65-74; 2007
24. **Subbarao I, Bond WF, Johnson C, Hsu EB, Wasser TE:** Using innovative simulation modalities for civilian-based, chemical, biological, radiological, nuclear, and explosive training in the acute management of terrorist victims: A pilot study. Prehosp Disaster Med 21, 272-275; 2006

25. **Schumacher J, Runte J, Brinker A, Prior K, Heringlake M, Eichler W:** Respiratory protection during high-fidelity simulated resuscitation of casualties contaminated with chemical warfare agents. *Anaesthesia* 63, 593-598; 2008
26. **Szinicz L:** History of chemical and biological warfare agents. *Toxicology* 214, 167-181; 2005
27. **Pasternack A:** Die Evolution der Dräger Kreislaufgeräte. Langer Atem für lange Einsätze, 100 Jahre Kreislaufgeräte der Dräger Safety Sonderheft, 4-15; 2004
28. **Ben Abraham R, Rudick V, Weinbroum AA:** Practical Guidelines for Acute Care of Victims of Bioterrorism: Conventional Injuries and Concomitant Nerve Agent Intoxication. *Anesthesiology* 97, 989-1004; 2002
29. **Gosden C, Gardener D:** Weapons of mass destruction—threats and responses. *BMJ* 331, 397-400; 2005
30. **Department of Health and Human services:** Center for disease control and prevention: Sarin.
<http://www.bt.cdc.gov/agent/sarin/german/pdf/facts.pdf>
(letzter Zugriff: 13.02.2012)
31. **Borio L, Frank D, Mani V, Chiriboga C, Pollanen M, Ripple M, Ali S, DiAngelo C, Lee J, Arden J, Titus J, Fowler D, O'Toole T, Masur H, Bartlett J, Inglesby T:** Death due to bioterrorism-related inhalational anthrax: report of 2 patients. *JAMA* 286, 2554-2559; 2001

32. Europäische Kommission:

Der Rat und die Kommission nehmen ein gemeinsames Programm zur Prävention und Begrenzung der Folgen chemischer, biologischer, radiologischer oder nuklearer terroristischer Bedrohungen an.
http://ue.eu.int/ueDocs/cms_Data/docs/pressData/de/misc/74055.pdf
(letzter Zugriff: 22.04.2012)

33. Udayasiri R, Knott J, McD Taylor D, Papson J, Leow F, Hassan FA:

Emergency department staff can effectively resuscitate in level C personal protective equipment. *Emerg Med Australas* 19, 113-121; 2007

34. Reilly MJ, Markenson D, DiMaggio C:

Comfort level of emergency medical service providers in responding to weapons of mass destruction events: impact of training and equipment. *Prehosp Disaster Med* 22, 297-303; 2007

35. Feldman DM, Baron SL, Bernard BP, Lushniak BD, Banauch G,

Arcentales N, Kelly KJ, Prezant DJ: Symptoms, respirator use, and pulmonary function changes among New York City firefighters responding to the World Trade Center disaster. *Chest* 125, 1256-1264; 2004

36. Banauch GI, Hall C, Weiden M, Cohen HW, Aldrich TK, Christodoulou V,

Arcentales N, Kelly KJ, Prezant DJ: Pulmonary function after exposure to the World Trade Center collapse in the New York City Fire Department. *Am J Respir Crit Care Med* 174, 312-319; 2006

37. Sardesai AM, Brown NM, Menon DK:

Deliberate release of biological agents. *Anaesthesia* 57, 1067-1082; 2002

38. Kenar L, Karayilanoglu T:

Prehospital management and medical intervention after a chemical attack. *Emerg Med J* 21, 84-88; 2004

39. Byers M, Russell M, Lockey DJ:

Clinical care in the "Hot Zone". *Emerg Med J* 25, 108-112; 2008

40. **White SM:** Chemical and biological weapons; implications for anaesthesia and intensive care. *British Journal of Anaesthesia* 89, 306-324; 2002
41. **Howie RM:** Respiratory protective Equipment. *Occup Environ Med* 62, 423-428; 2005
42. **Wetherell A, Mathers G:** Respiratory Protection. In: Marrs TC, Maynard RL, Sidell FR: *Chemical Warfare Agents – Toxicology and Treatment*. 2.Auflage, Chichester, John Wiley and Sons Ltd, 157-173; 2007
43. **Harber P, Shimozaki S, Barrett T, Losides P, Fine G:** Effects of respirator dead space, inspiratory resistance, and expiratory resistance ventilatory loads. *Am J Ind Med* 16, 189-198; 1989
44. **Louhevaara V:** Physiological effects associated with the use of respiratory protective devices: a review. *Scand J Work Environ Health* 10, 275-281; 1984
45. **Khoo KL, Leng PH, Ibrahim IB, Lim TK:** The changing face of healthcare worker perceptions on powered air-purifying respirators during the SARS outbreak. *Respirology* 10, 107-110; 2005
46. **Greenland KB, Tsui D, Goodyear P, Irwin MG:** Personal protection equipment for biological hazards: does it affect tracheal intubation performance? *Resuscitation* 74, 119-126; 2007

7. Danksagung

Vielen Dank an Herrn Prof. Dr. Schmucker, Direktor der Klinik für Anästhesie für die Zustimmung zur Durchführung der Promotion.

Ein besonders großes Dankeschön an Herrn Professor Dr. Schumacher für die Bereitstellung des Themas und für die stets freundliche und sehr gute, geduldige Betreuung und Hilfe.

Herzlichen Dank an Herrn Prof. Dr. Klotz für die exzellente Beratung und Unterstützung.

Vielen Dank an Herrn Gray, Paramedic, London Ambulance Service NHS Trust, UK, für die Mitorganisation und Koordination während der Messungen.

Vielen herzlichen Dank an jeden der 16 Probanden, die die Umsetzung der Studie möglich gemacht haben

Danke an Paul Townsend, University of Hertfordshire, für die Kooperation.

Vielen Dank an Hansjörg Schwartz und Stephan Denker von der Firma Dräger für die Bereitstellung des Materials

Daniel und meiner Familie danke ich für die geduldige und liebevolle Unterstützung.

8. Lebenslauf



Geburtstag	24.06.1985
Geburtsort	Berlin
Nationalität	deutsch
Familienstand	ledig
Telefon	+49 179 814 91 32
E-mail	sophiemichel@gmx.de

Schulbildung

09/1997 – 06/2004 **Abitur am Georg Herwegh-Gymnasium, Berlin**

Hochschulstudium

10/2005 – 03/2008 **Studium der Medizin, Philipps-Universität Marburg**
Vorklinischer Abschnitt

04/2008 – 05/2012 **Studium der Medizin, Universität zu Lübeck**
Klinischer Abschnitt
Abschluss: Staatsexamen

Seit 07/2010	Doktorarbeit in der Abteilung Anästhesie zum Thema „ <i>Der Einfluss von verschiedenen Atemschutzsystemen auf die simulierte pädiatrische Notfallversorgung</i> “, Leitung: Prof. Dr. Jan Schumacher (Eingereicht 10/2012)
	Praktische Erfahrungen
04/2005	Pflegepraktikum , Dominikus Krankenhaus Berlin
05/2005 – 08/2005	Ausbildung zum Rettungssanitäter , Deutsches Rotes Kreuz Berlin
09/2006 – 10/2006	Pflegepraktikum , St. Josefskrankenhaus Heidelberg
03/2008	Famulatur Gynäkologie und Geburtshilfe , Praxis Dr. med. Horst Michel Berlin
03/2009	Famulatur Innere Medizin , Kardiologie, Kreiskrankenhaus Schwetzingen
07/2009	Famulatur Innere Medizin , Praxis Dr. med. Agnes Aufderbeck Berlin
08/2009	Famulatur Gynäkologie und Geburtshilfe , Krankenanstalt Rudolfstiftung Wien, Österreich
08/2010	Famulatur Neurologie , Wilhelminenspital Wien, Österreich
07/2008-01/2012	Extrawachendienst , Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Lübeck
02-04/2011	PJ, Universität zu Lübeck, Unfallchirurgie (erste Hälfte, erstes Tertial)
04-06/2011	PJ, Hue College of Medicine and Pharmacy Vietnam, Kinderchirurgie (zweite Hälfte, erstes Tertial)
06-10/2011	PJ, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Gastroenterologie und Endokrinologie (zweites Tertial)
10/2011-01/2012	PJ, Universität zu Lübeck, Radiologie (drittes Tertial)

Veröffentlichungen

Schumacher J, Gray S.A., Michel S., Alcock R., Brinker A.: *Respiratory protection during paediatric cardiopulmonary resuscitation*, European Journal of Anaesthesiology 28, 150; 2011

Brinker A., Gray S., Michel S., Schumacher J.: *Vascular access skills during cardiopulmonary resuscitation in hazardous environments*, European Journal of Anaesthesiology 29, 191-92; 2012

Angenommen für die Publikation:

Schumacher J, Gray SA, Michel S, Alcock R, Brinker A: *Respiratory protection during simulated emergency pediatric life support: A randomized, controlled, crossover study*, Prehospital and Disaster Medicine 28, 2012

9. Genehmigungsschreiben



National Research Ethics Service

St Thomas' Research Ethics Committee

(South London REC Office 3)

Governors' Suite

St Thomas' Hospital

London SE1 7EH

20 January 2010

Dr Jan Schumacher
Consultant Anaesthetist
Anaesthetics Department
St Thomas' Hospital

Chair: Dr Robert Carr
REC Co-ordinator: Stella Hirsch
Direct line: 020 7188 2257
Fax 020 7188 2258
Email: stella.hirsch@gstt.nhs.uk

Dear Dr Schumacher

10/04 2nd Study Simualted Paediatric life suport in hazardous environments

Thank you for seeking the Committee's advice on this study.

The information in your correspondence has been considered by the Chairman, Dr R Carr, who has advised that this research is not required to be ethically reviewed under the terms of the Governance Arrangements for Research Ethics Committees in the UK.

Although review by a Research Ethics Committee is not required, you should check with the R&D Department whether management approval is required before the projects start.

Please note a reference number has been allocated to this study and should be quoted in future correspondence.

Yours sincerely,

Stella Hirsch
REC Coordinator

cc: Karen Ignatian, R&D Department, GSTFT



London Ambulance Service **NHS**
NHS Trust

Clinical Audit and Research Unit
Headquarters Annex
Ground Floor, 8-20 Pocock Street
London SE1 0BW

Dr Schumacher
Consultant Anaesthetist
St Thomas Hospital
Lambeth Palace Road
London

Tel: 020 7463 3127
Fax: 020 7463 3124
lisa.weston@lond.amb.nhs.uk

Project Number: LAS/EXT/2010/02

Monday 29th March 2010

Dear Dr Schumacher

I am pleased to inform you that your research project proposal, '**Evaluation of paediatric life support in simulated CBRN environments**' now has Trust Research & Development (R&D) approval to be carried out in the London Ambulance Service.

Ethical approval

As previously advised, your project can proceed without the need for ethical approval as the Chair of the St Thomas' Research Ethics Committee, Dr Robert Carr, has advised that your study does not require ethical approval.

Local approvals

Trust R&D approval for your project is subject to the approval of local London Ambulance Service management (Stuart Allen Gray) remaining in place for the entire duration of the project.

Legislation

You must adhere at all times to the principles and standards of the Department of Health's *Research Governance Framework (2nd edition)*. You are also reminded of your obligation to collect, use, store and protect all research data in accordance with the Data Protection Act 1998, the Human Rights Act 1998, and all other legislation that applies to your project.

Circumstances to notify to the R&D Co-ordinator

During the course of the project you must inform Lisa Weston, R&D Co-ordinator immediately:

- If your research deviates from that laid out in the approved proposal, for any reason, at any time.
- If you encounter any problems or unexpected delays.
- Of any adverse incidents or near misses arising from the project. These will be dealt with according to current London Ambulance Service policy.

Amendments

RL5 Trust R&D Approval (ethical approval not required)

9. Genehmigungsschreiben

If you wish to make an amendment to your project, for example to recruit at new London Ambulance Service sites or change the protocol in any way, please contact Lisa Weston prior to implementing the amendment to arrange for Trust R&D approval to be issued.

Monitoring and auditing

All research undertaken in the London Ambulance Service is subject to monitoring for research governance purposes. A random selection of projects will also be selected for a Research & Development Audit, as outlined in the London Ambulance Service Researcher's Handbook. Failure to respond to correspondence regarding monitoring or auditing will result in London Ambulance Service permission and support for your research to be undertaken being withdrawn.

Sponsorship and Supervision

The Sponsor for the research is Guy's and St Thomas NHS Foundation Trust and they have confirmed in writing that they will fulfil their responsibilities under the Research Governance Framework.

Your London Ambulance Service Supervisor is Lisa Weston. They are responsible for the day to day supervision of the research and should be contacted in the first instance should you require any advice or assistance.

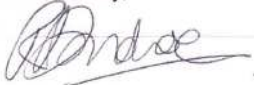
Final report and publications procedure

Finally, you are reminded of the procedure for the review of final reports and of publications arising from the project. Adherence to this procedure is a condition of the London Ambulance Service giving permission for you to proceed with your project.

The final report must be forwarded to me as soon as it is completed. This will then be reviewed by our Clinical Audit and Research Steering Group (CARSG) and feedback will be given. You must not publish or disseminate your final report until CARSG have given their approval to do so. Similarly, all papers, articles or presentations arising from the research must be forwarded to me prior to submission so that I can arrange review and approval by CARSG.

I wish you every success in your project.

Yours sincerely,



Dr Rachael Donohoe
Head of Clinical Audit & Research