

Medizinische Fakultät
der
Universität Duisburg-Essen

Aus der Chirurgischen Universitätsklinik
Berufsgenossenschaftliches Universitätsklinikum Bergmannsheil
Bochum

Inzidenz und Komplikationen von Kanülenwechseln bei langzeittracheostomierten
Patienten: eine prospektive Beobachtungsstudie

I n a u g u r a l d i s s e r t a t i o n
zur
Erlangung des Doktorgrades der Medizin
durch die Medizinische Fakultät
der Universität Duisburg-Essen

Vorgelegt von
Jan Wiefhoff
aus Ahaus
2021

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

ub | universitäts
bibliothek

Diese Dissertation wird via DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt und liegt auch als Print-Version vor.

DOI: 10.17185/duepublico/75187

URN: urn:nbn:de:hbz:464-20220118-102232-8

Alle Rechte vorbehalten.

Dekan: Herr Univ.-Prof. Dr. med. J. Buer
1. Gutachter: Herr Prof. Dr. med. Ch. Waydhas
2. Gutachter: Frau Prof. Dr. med. D. Arweiler-Harbeck

Tag der mündlichen Prüfung: 16. November 2021

Publikation

Wiefhoff, J., Jansen, O., Kamp, O., Aach, M., Schildhauer, T.A., Waydhas, C., Hamsen, U.
(2020):

Incidence and complications of cannula changes in long-term tracheotomized patients: a
prospective observational study.

Spinal Cord 58, 11-17.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1 EINLEITUNG.....	6
1.1 Indikation	6
1.2 Tracheostomieverfahren.....	7
1.2.1 Chirurgische Tracheostomie	7
1.2.2 Dilatative Tracheostomie	8
1.2.3 Vergleich zwischen dilatativer und chirurgischer Tracheostomie	9
2 FRAGESTELLUNGEN.....	13
2.1 Hintergrund / Motivation	13
2.2 Zielgrößen	14
2.2.1 Hauptzielgrößen	14
2.2.2 Nebenzielparameter.....	14
3 MATERIAL UND METHODEN	15
3.1 Patienten.....	15
3.2 Ethikvotum	15
3.3 Datenerfassung	15
3.3.1 Stammdaten.....	16
3.3.2 Dokumentationsblatt	16
3.3.3 Datenschutz	18
3.4 Statistik.....	19
	4

4	ERGEBNISSE.....	20
4.1	Patientenkollektiv	20
4.2	Rahmenbedingungen des Trachealkanülenwechsels.....	23
4.3	Komplikationen	25
4.4	Zeitpunkt der Kanülenwechsel.....	29
4.5	Multivariate Statistik	30
5	DISKUSSION	32
6	ZUSAMMENFASSUNG.....	37
7	LITERATURVERZEICHNIS	38
8	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	42
9	TABELLENVERZEICHNIS	43
10	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	44
11	ANHANG	45
12	DANKSAGUNG.....	47
13	LEBENS LAUF	48

1 EINLEITUNG

1.1 Indikation

Die Notwendigkeit der Atemwegssicherung bei Verlegung der oberen Atemwege durch Ödeme, Fremdkörper, Tumoren oder andere Ursachen führte vor mehr als 2000 Jahren zur Entwicklung der Tracheostomie. Die Schaffung einer direkten Verbindung zwischen der umgebenden Luft und der Luftröhre im Halsbereich stellt sicher, dass die Atemluft trotz Hindernisse im Rachen und Kehlkopfbereich in die Lunge gelangen kann. Tabelle 1 bietet eine Übersicht über die Indikationen der Tracheostomie.

Tabelle 1: Indikationen der Tracheostomie (Richter and Sutarski, 2009)

Indikation	Beispiel / Vorteile
Sicherung des Atemweges	Hals-Nasen-Ohren- / Mund-Kiefer-Gesicht-Tumoren ausgedehnte Hals-Nasen-Ohren- / Mund-Kiefer-Gesicht-Operationen pharyngeale / laryngeale Ödeme Dysphagien Stenosen des Larynx
Bronchialtoilette	verminderter Hustenstoß (neurologische Erkrankungen oder Rückenmarkverletzungen)
Langzeitbeatmung	Möglichkeit der Reduzierung der Sedierung Schonung des Larynx und der Trachea reduzierter Totraum reduzierter Atemwiderstand Reduktion der Atemarbeit Möglichkeit zur Nahrungsaufnahme und Kommunikation

Bei Hals-Nasen-Ohren- und Mund-Kiefer-Gesicht-Tumoren bzw. -Operationen kann es erforderlich sein, zur Sicherung des Atemweges ein Tracheostoma anzulegen, da der ursprüngliche Atemweg durch Verlegung zu stark gefährdet ist. Ebenso dient ein Tracheostoma mit geblockter Kanüle der Sicherung des Atemweges bei Dysphagien, sodass keine Nahrung aspiriert werden kann. Bei Patienten mit ausgeprägten neurologischen Erkrankungen oder Rückenmarkverletzungen werden Tracheostomien regelhaft zur Verbesserung der Bronchialtoilette eingesetzt (Richter and Sutarski, 2009). Bei langzeitbeatmeten Patienten dient die Tracheostomie der Vermeidung tubusbedingter Komplikationen. Druckkräfte eines Tubus führen verstärkt zu einer inflammatorischen Reaktion der Trachealschleimhaut. Probleme entstehen durch die

unphysiologische Form des Tubus und daraus resultierenden Kontaktpunkten zwischen Tubus und Schleimhaut. Dieser Effekt wird durch Manipulationen, die im Rahmen der Intensivtherapie und -pflege vorkommen, verstärkt. Eine mögliche Folge dieser Entzündungsprozesse ist eine – meist subglottische – Trachealstenose. Darüber hinaus ist es erforderlich bei langzeitintubierten Patienten mittels Analgosedierung eine ausreichende Tubustoleranz herbeizuführen. Die Analgosedierung wiederum steht einer ungehinderten Kommunikation sowie einer oralen Nahrungsaufnahme im Wege. Hinzu kommt, dass der Endotrachealtubus zu einem Sekretverhalt in den Nasennebenhöhlen mit einem gesteigerten Risiko für eine nosokomiale Sinusitis führen kann.

Da Trachealkanülen in aller Regel kürzer sind und einen größeren Durchmesser besitzen als Endotrachealtuben, zeichnen sie sich durch einen geringeren Totraum, einen niedrigeren Atemwiderstand und eine reduzierte erforderliche Atemarbeit des Patienten aus, was sich positiv auf das Weaning auswirkt (Baumann et al., 2010; Meininger et al., 2011). Bei einer frühen Tracheostomie (sechs Tage nach Intubation) konnten im Rahmen einer Studie von Terragni et al. 77 % der Patienten entwöhnt werden, im Vergleich zu 68 % bei einer späten Tracheostomie (acht Tage nach Intubation) (Odds-Ratio (OR) 1,6; 95 %-Konfidenzintervall (CI) 1,01–2,53; p = 0,03) (Terragni et al., 2010). 2013 veröffentlichten Shan et al. eine Metaanalyse zu den Vorteilen einer frühen Tracheostomie. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst (Shan et al., 2013).

Tabelle 2: Vorteile einer frühen Tracheostomie gegenüber einer späten (Shan et al., 2013)

	Odds-Ratio (OR)	95 %-Konfidenzintervall (CI)	p
Mortalität	0,77	0,62–0,96	0,02
beatmungsassoziierte Pneumonien	0,71	0,48–1,04	0,02

1.2 Tracheostomieverfahren

1.2.1 Chirurgische Tracheostomie

Bei einer chirurgischen Tracheostomie wird zunächst obligatorisch das Operationsfeld desinfiziert und steril abgedeckt, danach werden die relevanten Strukturen identifiziert. Nach einem horizontalen Hautschnitt werden die Strukturen bis zur Trachea freipräpariert; eventuell ist es nötig, die Absetzungsränder des durchtrennten Schilddrüsenisthmus zu ligieren. Die Trachea wird zwischen der zweiten und dritten

oder der dritten und vierten Knorpelspange horizontal eingeschnitten. Anschließend wird die horizontale Inzision kreis- bzw. hufeisenförmig erweitert. Der entstehende Björk-Lappen kann, nachdem er nach ventral und kaudal geklappt wurde, mit der Haut vernäht werden. Aufgrund der durchgehenden Epithelauskleidung bietet diese Variante eine erhöhte Stabilität (Mieth et al., 2016).

1.2.2 Dilatative Tracheostomie

Die Dilatationstracheostomie lässt sich gut am Patientenbett auf der Intensivstation umsetzen. Das Verfahren bietet damit den Vorteil, dass die Tracheostomie unabhängig vom Operationsprogramm – nur in den Ablauf der eigenen Station integriert – von den Intensivmedizinern selbst durchgeführt werden kann. Weiterhin ist kein mit Risiken verbundener Transport des Patienten erforderlich. Das Monitoring muss nicht reduziert oder umgesteckt werden, die Anzahl der Übergaben erhöht sich nicht und der beatmete, intensivpflichtige Patient wird nicht in den Operationstrakt gefahren (Meininger et al., 2011). Das bettseitige Verfahren ist somit für den Patienten sicherer und kostengünstiger (565 \$ gegenüber 274 \$) (Goldenberg et al., 2003). Darüber hinaus werden keine Operationskapazitäten blockiert.

Die perkutane dilatative Punktionstracheostomie erfolgt durch eine Punktion der Luftröhre von außen durch die Haut zwischen der zweiten und dritten oder der dritten und vierten Knorpelspange. Daran schließen sich eine Dilatation des Punktionskanals und das Einführen einer Trachealkanüle durch den dilatierten Kanal an. In der technischen Ausführung gibt es zahlreiche Varianten mit unterschiedlichen Dilatationsmethoden mit oder ohne bronchoskopische / sonographische Unterstützung (Larsen and Ziegenfuß, 2013). Die Methoden der perkutanen dilatativen Tracheostomie sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3: Methoden der perkutanen dilatativen Tracheostomie (Richter and Sutarski, 2009)

Platzierung der Trachealkanüle	Technik nach...
Anterograd	Ciaglia: ein- / mehrschrittige Dilatation Griggs: Spreiztracheostomie Frova und Quintel: Dilatationsschraube Zgoda: Ballondilatation
Retrograd	Fantoni: translaryngeale Dilatation

Eine der verbreitetsten Methoden ist das Verfahren nach Ciaglia (Ronen et al., 2019), das auch an der Chirurgischen Universitätsklinik des Berufsgenossenschaftlichen Universitätsklinikums Bergmannsheil verwendet wird. Für die Durchführung werden drei Personen gebraucht: ein tracheostomierender Arzt, ein bronchoskopierender Arzt und eine Assistenzkraft. Nach der Vorbereitung des Materials, der Einleitung der Narkose einschließlich der Muskelrelaxierung, der Lagerung des Patienten sowie der Ultraschallkontrolle des geplanten Punktionsweges (Gefäße oder unerwartete Hindernisse) erfolgen eine Hautdesinfektion und eine sterile Abdeckung. Aus Sicherheitsgründen sollten die Patienten während der Prozedur mit 100 % Sauerstoff beatmet werden; bei einer akzidentellen Extubation bleibt so mehr Zeit für eine Reintubation ohne Abfall der Sauerstoffsättigung. Der Tubus wird unter bronchoskopischer Kontrolle bis zur Glottisebene zurückgezogen und fixiert. Die Punktion und Dilatation werden ständig durch den liegenden Tubus beobachtet, um potentiell lebensgefährliche Zwischenfälle zu vermeiden. Mit diesem Vorgehen werden eine eindeutige Identifikation der Trachea, die Bestimmung der genauen Etagenhöhe in der Trachea und eine frühzeitige Detektion von Verletzungen der Trachea sichergestellt (Meininger et al., 2011). Die korrekte Punktionsstelle identifiziert der Behandler durch die Orientierung an anatomischen Landmarken am Hals von außen (Kehlkopf, Ringknorpel und Jugulum) und über eine Diaphanoskopie mittels Bronchoskop von innen. Dann erfolgen die Punktion und die Einführung des Seldinger-Drahtes über die Kanüle. Nach einem kleinen Hautschnitt wird die Kanüle über den Draht entfernt, der Stichkanal entlang des Seldinger-Drahtes dilatiert und die Trachealkanüle eingeführt. Abschließend erfolgt eine bronchoskopische Lagekontrolle.

1.2.3 Vergleich zwischen dilatativer und chirurgischer Tracheostomie

1.2.3.1 Kontraindikationen

Generell hängen die Kontraindikationen von der Notwendigkeit und Dringlichkeit der Tracheostomie ab. Hierbei ist zwischen einem Notfall- und Elektiveingriff zu unterscheiden. Im Notfall – zur sofortigen Schaffung eines Zugangs zum Atemweg bei einer anders nicht zu überwindenden Verlegung der oberen Atemwege – gibt es für eine Koniotomie oder chirurgische Tracheostomie keine Kontraindikation. Die perkutane Dilatationstracheostomie ist für die Notfallsituation eher ungeeignet. Bei einem

elektiven Eingriff sind die klassischen Kontraindikationen wie Infektionen im Operationsgebiet oder pathologische Blutgerinnung zu beachten.

In Tabelle 4 sind die von Mehta und Mehta zusammengefassten Kontraindikationen für eine Dilatationstracheostomie aufgeführt (Mehta and Mehta, 2017).

Tabelle 4: Kontraindikationen der Dilatationstracheostomie (Mehta and Mehta, 2017)

absolut	relativ
Säuglinge	große Schilddrüse
Infektion an der Einstichstelle	kontrollierte lokale Infektion
fehlende Erfahrung	Gefäße im Punktionsgebiet
instabile Halswirbelsäule	schwierige Anatomie
unkontrollierbare Gerinnungsstörung	hoher positiver endexpiratorischer Druck (PEEP) oder hohe inspiratorische Sauerstofffraktion (FiO ₂)
	Gerinnungsstörung
	Verbrennungen oder chirurgische Eingriffe in unmittelbarer Nähe
	Tracheostomie, operativer Eingriff oder Radiatio am Hals in der Vorgeschichte
	hohe Arteria brachiocephalica

1.2.3.2 Komplikationen

Delaney et al. beschreiben in einer 2006 veröffentlichten Metaanalyse, in der 17 randomisierte kontrollierte Studien mit insgesamt 1212 Patienten zusammengefasst wurden, eine signifikant geringere Wundinfektionsrate bei dilatativ tracheostomierten Patienten im Vergleich zu chirurgisch tracheostomierten Patienten (OR 0,28; 95 %-CI 0,16–0,49 p < 0,0005) (Delaney et al., 2006).

Brass et al. fassten 20 randomisierte kontrollierte Studien im Zeitraum von 1990 bis 2011 mit insgesamt 1652 Patienten zu einer Metaanalyse zusammen. Die Komplikationsraten (dilatativ versus chirurgisch) sind in Tabelle 5 dargestellt (Brass et al., 2016).

Tabelle 5: Unterschiede bei den Komplikationsraten – dilatative Tracheostomie versus chirurgische Tracheostomie (Brass et al., 2016)

	Peto Odds Ratio	95 %-Konfidenzintervall (CI)	p-Wert
Mortalität	0,52	0,1–2,6	0,42
lebensbedrohliche Ereignisse	0,72	0,41–1,25	0,24
nicht-lebensbedrohliche Ereignisse	0,47	0,25–0,89	0,02
peri- / postoperative Komplikationen	0,71	0,53–0,94	0,02
Wundinfektion	0,24	0,15–0,37	< 0,0001
schlechte Narbenheilung	0,25	0,07–0,91	0,04
starke Blutung	0,7	0,45–1,09	0,12
schwieriger Kanülenwechsel	1,36	0,65–2,82	0,42

Während die periprozeduralen Komplikationen der perkutanen dilatativen Tracheostomie gut beschrieben sind, gibt es kaum Studien zu möglichen späteren Komplikationen, wie Dislokationen der Trachealkanüle und deren Folgen.

In einer Metanalyse untersuchten Higgins und Punthakee das allgemeine Risiko für eine unbeabsichtigte Dekanülierung. Zu den 742 eingeschlossenen Patienten gehörten 375 dilatativ tracheostomierte und 367 chirurgisch tracheostomierte Patienten. In der Gruppe der Dilatationstracheostomien kam es zu 22 Dekanülierungen. In der Vergleichsgruppe mit chirurgischen Tracheostomien wurden sieben Dekanülierungen beschrieben. Somit ist nach dieser Metanalyse die perkutane dilatative Tracheostomie mit einer fast dreifach höheren Dislokationsrate (OR 2,79; 95 %-CI 1,29–60,3; p = 0,009) assoziiert (Higgins and Punthakee, 2007).

In einer Studie von Friedman et al. wurden die akzidentellen Dekanülierungen detaillierter beschrieben. Hier wurden 26 dilatative und 27 chirurgische Tracheostomien eingeschlossen. Während der Studie kam es zu insgesamt fünf Dekanülierungen: eine bei einem dilatativ tracheostomierten Patienten und vier bei chirurgisch tracheostomierten Patienten. Bei dem dilatativ tracheostomierten und bei zwei chirurgisch tracheostomierten Patienten konnte die Trachealkanüle ohne kardiovaskuläre oder respiratorische Komplikationen replaziert werden. Bei einem chirurgisch tracheostomierten Patienten mit kräftigem Hals konnte die Trachealkanüle nicht wieder eingesetzt werden, die orale Intubation scheiterte, es kam zu einer Hypoxie und zum Herzstillstand; letztendlich verstarb der Patient. Bei einem weiterten chirurgisch tracheostomierten Patienten erfolgte die Dekanülierung aufgrund einer

Wundinfektion eine Woche nach der Tracheostomie. Nach erfolgreicher Behandlung der Infektion ließ sich die Trachealkanüle zwei Tage später nicht wieder einsetzen. Anatomische Verzerrungen durch die Wundinfektion machten die Replatzierung der Trachealkanüle unmöglich; ebenso scheiterte der Versuch einer oralen Intubation, der Patient erlitt einen Herzstillstand und verstarb. In dieser Studie erwiesen sich dilatative Tracheostomien gegenüber chirurgischen Tracheostomien als überlegen (Friedman et al., 1996).

In einer Metaanalyse basierend auf 109 Publikationen, die zwischen 1990 und 2015 veröffentlicht wurden, fassten Klemm und Nowak 25.056 Tracheostomien zusammen. Die Gesamtmortalität lag bei 1,4 % (n = 352). Im Rahmen der 352 Todesfälle waren in 65 Fällen (18 %) Blutungskomplikationen und in 57 Fällen (16 %) ein Verlust des Atemwegs ursächlich. Die Mortalität in der Subgruppe der dilatativen Tracheostomien lag bei 0,67 % (113 von 16827) und in der Subgruppe der chirurgischen Tracheostomien bei 0,62 % (49 von 7934). Auf die Gruppe von 295 Tracheostomien bei denen die Tracheostomiemethode nicht spezifiziert war, entfielen 190 Todesfälle (Mortalität 64,4 %). Zwischen dilatativer und chirurgischer Tracheostomie konnten die Autoren keinen signifikanten Mortalitätsunterschied nachweisen (Klemm and Nowak, 2017).

Weitere kritische Komplikationen sind Probleme bei geplanten Wechseln der Trachealkanüle. In diesem Kontext wurde angeführt, dass der Tracheostomakanal kurz nach der dilatativen Tracheostomie noch instabil ist und dazu neigt, beim Entfernen der Kanüle zu kollabieren (Richter and Sutarski, 2009). Mieth et al. beschrieben „bei akzidenteller Dekanülierung [ein] [...] kulissenhaftes“ (Mieth et al., 2016) Verlegen des Tracheostomas. Daher wird in der Literatur empfohlen, in den ersten Tagen nach dilatativer Tracheostomie die Trachealkanüle nicht zu wechseln. Der notwendige Zeitraum, bis der Tracheostomakanal ausreichend stabil ist, um während des Wechsels offen zu bleiben, wird unterschiedlich beziffert. So empfehlen Westphal et al. und Bartels sieben Tage bis zum ersten Kanülenwechsel zu warten (Bartels, 2005; Westphal et al., 1999), andere Autoren dagegen zehn Tage (Baumann et al., 2010; Friedman et al., 1996; Mieth et al., 2016).

2 FRAGESTELLUNGEN

2.1 Hintergrund / Motivation

In der Literatur existieren zahlreiche Studien, die dilatative mit chirurgischen Tracheostomien vergleichen. Untersucht werden meist Parameter wie Wundheilung, Narbenbildung nach Dekanülierung, Komplikationen bei oder direkt nach Anlage des Tracheostomas, Wundinfektionen oder Blutungen (Durbin, 2005; Heffner, 2008; Wilcox and Schmidt, 2009). Selten werden post-prozedurale Komplikationen bei länger tracheostomierten Patienten thematisiert. Die vorliegende Arbeit richtet deshalb ihren Fokus auf die mit einem Tracheostoma assoziierten Komplikationen bei langzeittracheostomierten Patienten.

Laut der pneumologischen S2k-Leitlinie „Prolongiertes Weaning“ herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V. und vieler Lehrbuchbeiträge stellt eine Langzeitbeatmung im Bereich der ambulanten Patientenversorgung – zu Hause oder im Pflegeheim – eine Kontraindikation für eine dilatative Tracheostomie dar. Als Grund wird häufig die fehlende Stabilität des Tracheostomakanals angeführt (Schönhofer et al., 2014), wodurch es im Falle einer akzidentellen Dekanülierung zu einem Kulissenphänomen mit Verlust des Atemweges kommen könne (Braune and Kluge, 2012; Kunz et al., 2012; Mieth et al., 2016; Richter and Sutarski, 2009; Westphal et al., 1999).

Studien und Metaanalysen zum Vergleich zwischen dilatativer und chirurgischer Tracheostomie untersuchen den Aspekt der akzidentellen Dekanülierung nur unzureichend. Ausführliche Berichte, die die Begleitumstände, die Therapie und das Outcome des Patienten beschreiben, sind selten. In den wenigen Studien zu dieser Thematik lässt sich kein signifikanter Vorteil einer der beiden Tracheostomiemethoden erkennen. Die insgesamt selten beschriebenen Überlebensquoten oder Rekanülierungsquoten nach akzidentellen Dekanülierungen weichen in den Studien stark voneinander ab (Friedman et al., 1996; Higgins and Punthakee, 2007; MacCallum et al., 2000; Massick et al., 2001).

Evident ist jedoch, dass bei dilatativen Tracheostomien Wundinfektionen und Blutungen seltener auftreten (Delaney et al., 2006).

2.2 Zielgrößen

2.2.1 Hauptzielgrößen

- Häufigkeit einer akzidentellen Dislokation oder eines Wechsels von Trachealkanülen bei langzeittracheostomierten Patienten mit Rückenmarkverletzung
- Komplikationen beim Wechsel
 - dilatative versus chirurgische Tracheostomie
 - geplanter Wechsel versus ungeplanter Wechsel versus akzidentelle Dislokation
- Art und Schweregrad der Komplikationen
- mechanische Probleme des Kanülenwechsels
 - Rekanülierung gegen Widerstand
 - Rekanülierung mit kleiner Kanüle
 - Verwendung von Hilfsmitteln (Führungsstab, Bronchoskop)
 - Verlust des Atemwegs

2.2.2 Nebenzielparameter

- Alter
- Geschlecht
- Körpergröße
- Körpergewicht
- Halsumfang
- Thyreo-jugularer-Abstand
- Tracheostomieverfahren (chirurgisch versus dilatativ)
- Art der Kanülenfixierung

3 MATERIAL UND METHODEN

3.1 Patienten

Die in dieser prospektiven, monozentrischen Beobachtungsstudie verwendeten Daten stammten aus der Chirurgischen Klinik und der Abteilung für Rückenmarkverletzte des Berufsgenossenschaftlichen Universitätsklinikums Bergmannsheil in Bochum. In der Studie wurden zwei Kohorten mit Rückenmarkverletzungen, bei denen ein Tracheostoma vorhanden war oder die im Berufsgenossenschaftlichen Universitätsklinikum Bergmannsheil tracheostomiert wurden, miteinander verglichen. Eine Kohorte bestand aus chirurgisch und die andere aus dilatativ tracheostomierten Patienten. Auf die Auswahl des Tracheostomieverfahrens wurde kein Einfluss genommen. Zu erwarten war, dass die Mehrzahl der primär im Berufsgenossenschaftlichen Universitätsklinikum Bergmannsheil aufgenommenen Patienten dilatativ tracheostomiert worden war. Bei den Patienten, die tracheostomiert ins Berufsgenossenschaftliche Universitätsklinikum Bergmannsheil verlegt wurden, waren keine Aussagen zum präferierten Verfahren möglich. Die Studie erstreckte sich über 365 Tage (September 2016 – September 2017). Die Patienten wurden entweder auf der Intensivstation (ICU), der Intermediate Care-Station (IMC) oder auf einer Normalstation behandelt. Es ist ausdrücklich darauf hinzuweisen, dass kein Einfluss auf die Behandlung der Patienten genommen wurde. In der vorliegenden Studie wurde lediglich detailliert festgehalten, wie die Patienten bzw. deren Tracheostomata versorgt wurden.

3.2 Ethikvotum

Die dieser Arbeit zugrundeliegende Studie wurde durch die Ethikkommission der Ruhr-Universität Bochum unter der Nummer 16-5889-BR geführt und positiv beschieden.

3.3 Datenerfassung

Im Studienzeitraum wurden die für die Studie relevanten Zwischenfälle routinemäßig dokumentiert, sodass keine zusätzlichen Daten nur zu Studienzwecken erhoben wurden. Die Patienten waren volljährig, wurden aufgeklärt und nach Einwilligung in die Studie eingeschlossen. Alle Kanülenwechsel wurden von intensivmedizinisch erfahrenen

Ärzten durchgeführt, die entweder zu der Zeit auf der Intensivstation tätig waren oder ihre zwölfmonatige Rotation bereits absolviert hatten. Nach dem Kanülenwechsel füllte der Arzt ein Dokumentationsblatt (Anhang B) aus.

3.3.1 Stammdaten

Auf dem Stammdatenblatt (Anhang A) wurde die Identität des Patienten erfasst. Hinzu kamen weitere relevante Daten, wie das Tracheostomiedatum, das Datum der stationären Aufnahme und das Datum der Aufnahme in die Studie. Zur Bestimmung des Beobachtungszeitraums wurde das Entlassungsdatum notiert.

Körpergröße, Körpergewicht, Halsumfang über dem Larynx und Thyreo-jugularer-Abstand (Abstand zwischen Schildknorpel und Jugulum: Incisura jugularis sterni und der Prominentia laryngea in flacher Rückenlage und Neutral-Null-Stellung mit flexiblem Maßband gemessen) wurden ebenfalls festgehalten. Zusätzlich bestand die Möglichkeit, anatomische Besonderheiten in Form eines Freitextes zu beschreiben. Zu den erhobenen Tracheostomie-assoziierten Daten zählten das Verfahren, die Indikation und zusätzliche Informationen zum Verlauf der Tracheostomie oder Komplikationen. Zudem wurde die ASIA-Klassifikation (American Spinal Injury Association-Classification) erfasst. Die Klassifikation beurteilt die Muskelkraft unterhalb der Rückenmarkläsion und reicht von A (vollständig geschädigt, keine motorische Funktion unterhalb der Läsion) bis E (normal). Am Ende des stationären Aufenthalts wurde der Beobachtungszeitraum ermittelt. Weiter wurde dokumentiert, ob der Patient kanüliert oder dekanüliert entlassen wurde.

3.3.2 Dokumentationsblatt

Im weiteren stationären Verlauf bestand die Notwendigkeit des Wechsels der Trachealkanüle. Dieser Wechsel wurde mithilfe des Dokumentationsblattes (Anhang B) festgehalten.

Neben Informationen zu den Rahmenbedingungen des Wechsels, wie Datum, Ort und Fixierung der Trachealkanüle zum Zeitpunkt des Wechsels wurde die Indikation (Grund des Wechsels) erfasst. Hier erfolgte eine Differenzierung in drei Kategorien:

- Elektiv: Elektive Wechsel erfolgten insbesondere, wenn die zulässige Liegezeit der Kanüle erreicht wurde oder wenn die einliegende Kanüle vom Patienten als

unkomfortabel eingeschätzt wurde und deshalb ein anderer Kanülentyp eingesetzt werden sollte. Weiterhin elektiv waren alle Wechsel, die aufgrund des fortschreitenden Entwöhnungsprozesses medizinisch als erforderlich angesehen wurden (z.B. kleinerer Kanüldurchmesser, ungeblockte anstelle einer geblockten Kanüle), sowie ein Wechsel auf eine MRT-fähige Kanüle. Eine Erfassung der individuellen Indikation für den elektiven Kanülenwechsel erfolgte nicht.

- Dringlich: Dringliche bzw. zwingend erforderliche Kanülenwechsel waren alle Wechsel, die keinen Aufschub duldeten und bei denen die Trachealkanüle zum Zeitpunkt des Wechsels intratracheal lag. Gründe waren zum Beispiel: Infektion des Tracheostomas, Blutung der Tracheostomawunde, Dislokation mit Anstoßen an die Wand der Trachea, Ulcus tracheale der Hinterwand oder Verlegung der Trachealkanüle.
- Akzidentelle Dekanülierung: Als akzidentelle Dekanülierung wurden alle Kanülenlagen gewertet, bei denen sich die Trachealkanüle nicht intratracheal befand (subkutan nach außerhalb der Trachea oder vollständig außerhalb des Situs). Falls bekannt, konnte auch noch die Ursache der akzidentellen Dekanülierung angegeben werden.

Weiterhin musste auf dem Dokumentationblatt die Methode des Wechsels angegeben werden. Abgefragt wurde, ob Hilfsmittel, wie ein Führungsstab oder Bronchoskop, eingesetzt wurde oder Medikamente geplant zum Einsatz kamen.

Der Verlauf des Wechsels wurde in zwei Dimensionen (mechanische Verlauf und Verlauf in Bezug auf den Patientenzustand während des Wechsels) beobachtet und eingeteilt.

Der mechanische Verlauf konnte unproblematisch sein oder es kam zu einer mechanischen Komplikation (Rekanülierung mit gleicher Kanülengröße gegen Widerstand, Rekanülierung mit kleinerer Kanülengröße, Rekanülierung mit kleinerer Kanülengröße gegen Widerstand, keine Rekanülierung möglich).

Als Verschlechterung des Patientenzustandes wurden Blutungen, respiratorische und kardiozirkulatorische Komplikationen mit entsprechenden Subdifferenzierungen definiert:

- Blutungen wurden in drei Schweregrade – gering, stark, sehr stark – eingeteilt. Eine geringe Blutung wurde dadurch charakterisiert, dass keine Therapie erforderlich war und die Blutung keine Konsequenzen, wie die Behinderung der Sicht oder Aspiration von Blut, beinhaltete. Eine starke Blutung benötigte keine kausale Therapie, führte aber zu einer Behinderung der Sicht oder Aspiration von Blut. Sobald eine Therapie der Blutung erforderlich war (Operation, Kauterisation, kompressiver Verband oder Gabe von Gerinnungsprodukten), handelte es sich um eine sehr starke Blutung. Im Rahmen der Auswertung wurden die geringen Blutungen nicht als mechanische Komplikation oder Veränderung des Patientenzustandes gewertet, da sie per definitionem keine Folgen für die Patienten hatten.
- Respiratorische Komplikation wurde definiert, als ein Sättigungsabfall unter 90 %, die Notwendigkeit einer Maskenbeatmung oder die Verlegung der Atemwege mit der Notwendigkeit einer Bronchoskopie oder die Notwendigkeit zu einer orotrachealen Intubation
- Kardiozirkulatorische Komplikationen wurden eingeteilt in:
 - Tachykardie (Herzfrequenz $\geq 100 \text{ min}^{-1}$, ventrikuläre Tachykardie, Kammerflimmern)
 - Bradykardie (Herzfrequenz $< 60 \text{ min}^{-1}$, Asystolie)
 - Hypertension (systolischer Blutdruck $\geq 160 \text{ mmHg}$)
 - Hypotension (systolischer Blutdruck $< 90 \text{ mmHg}$, Pulslosigkeit)
 - Herzdruckmassage
 - Beginn einer Therapie mittels Herzschrittmacher
 - Medikamentengabe (Adrenalin, Atropin etc.)

3.3.3 Datenschutz

Während des stationären Aufenthalts wurden sowohl das Stammdatenblatt als auch das Dokumentationsblatt mit den persönlichen Daten der Patienten versehen. Nach der Zusammenstellung aller Dokumente, die während des Aufenthalts des Patienten ausgefüllt wurden, wurden die Patientendaten entfernt. Grundsätzlich war die Erfassung der persönlichen Daten notwendig, um die Datensammlung zu ermöglichen und die Datensätze einwandfrei zuzuordnen. Die Entfernung der persönlichen Daten nach Abschluss des Falls gewährleistete, dass im Nachhinein kein Rückschluss auf den

einzelnen Patienten möglich war. Die nicht anonymisierten Erhebungsbögen waren im Arztzimmer nur den behandelnden Ärzten und dem Autor der vorliegenden Arbeit zugänglich. Die Daten wurden erst nach der Anonymisierung zur Auswertung elektronisch zusammengestellt, sodass die personenbezogenen Daten der Patienten das Berufsgenossenschaftliche Universitätsklinikum Bergmannsheil nicht verließen.

3.4 Statistik

Für die Auswertung der anonymisierten Daten wurde Excel (Microsoft, WA) und RStudio Version 1.1.383 – © 2009-2017 (RStudio, Inc.) verwendet. Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe des Instituts für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie des Universitätsklinikum Essen. Für numerische Daten wurden – in Abhängigkeit von der Verteilung – Mittelwerte \pm Standardabweichungen (σ), Mediane und bei Bedarf Quartile berechnet. Der Interquartilabstand (IQR) wurde als 25er–75er Quartil angegeben. Kategoriale Daten wurden als absolute und relative Häufigkeiten dargestellt. Als Signifikanztest wurde der Fisher-Test für 2 x 2-Matrizen verwendet; ebenso wurde die OR bestimmt. Im Rahmen der multivariaten Statistik wurden mittels logistischer Regression (generalized linear models [glm; binomial]) und Rückwärtsselektion (stepAIC; backward) Regressionskoeffizienten, OR, 95 %-CI und Signifikanzniveaus bestimmt (Sun et al., 1996). Aufgrund möglicher Korrelationen zwischen verschiedenen Kanülenwechseln bei einem Patienten sollte zusätzlich ein gemischtes Modell (generalized linear mixed model) zum Einsatz kommen. Aufgrund der unzureichenden zusätzlichen Varianz auf Patientenebene neben der Varianz auf Wechselebene ließ sich dieses Vorgehen jedoch nicht rechtfertigen.

4 ERGEBNISSE

4.1 Patientenkollektiv

Innerhalb des Studienzeitraums von zwölf Monaten konnten 49 Patienten des Berufsgenossenschaftlichen Universitätsklinikums Bergmannsheil in Bochum in die Studie eingeschlossen werden. 40 der 49 Patienten waren männlich (82 %); das mittlere Alter lag bei 59 ± 18 Jahren. 32 (65 %) Patienten waren dilatativ und 17 (35 %) chirurgisch tracheostomiert worden. Während des Krankenhausaufenthalts wurden 31 (63 %) Patienten erfolgreich dekanüliert (65 % der chirurgisch tracheostomierten und 63 % der dilatativ tracheostomierten Patienten). Im Median wurden die Patienten 50 Tage (IQR 22–102 Tage) beobachtet.

Die Beobachtungszeit aller Patienten betrug 3191 Tage. In dieser Zeit wurden insgesamt 146 Kanülenwechsel durchgeführt. Das ist eine Inzidenz von 4,58 Kanülenwechseln pro 100 Beobachtungstage. Bei den 32 Fällen mit dilatativen Tracheostomien wurden 115 Wechsel innerhalb von 1953 Beobachtungstagen durchgeführt; bei den 17 chirurgischen Tracheostomien waren es 31 Wechsel innerhalb von 1238 Tagen.

Die Trachealkanülen wurden durchschnittlich alle 17 Tage bei dilatativen Tracheostomata und alle 40 Tage bei chirurgischen Tracheostomata gewechselt. Keiner der Patienten verstarb während des Krankenhausaufenthaltes.

Die demographischen Daten des Gesamtkollektivs und der beiden Untergruppen mit dilatativ und chirurgisch angelegtem Tracheostoma sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Demographische Daten, Patientenmaße und Wechselzeitpunkte – Gesamtkollektiv und Patienten mit chirurgischen bzw. dilatativen Tracheostomien

9	Gesamtkollektiv	chirurgische Tracheostomie	dilatative Tracheostomie
Patienten (n)	49	17	32
Männer (n)	40	14	26
Frauen (n)	9	3	6
Alter, Median (Jahre)	64	70	62
Alter, Mittelwert $\pm \sigma$ (Jahre)	59 \pm 18	67 \pm 10	55 \pm 20
Alter des Tracheostomas bei Aufnahme, Median (Tage)	28	69	14
Alter des Tracheostomas bei Aufnahme, Mittelwert $\pm \sigma$ (Tage)	223 \pm 1036	535 \pm 1756	57 \pm 87
Körpergröße, Mittelwert $\pm \sigma$ (cm)	177 \pm 10	178 \pm 7	176 \pm 11
Körpergewicht, Mittelwert $\pm \sigma$ (kg)	81 \pm 19	78 \pm 15	83 \pm 21
Halsumfang, Mittelwert $\pm \sigma$ (cm)	42,7 \pm 6	42,6 \pm 7	42,8 \pm 5
Thyreo-jugularer Abstand, Mittelwert $\pm \sigma$ (cm)	6,5 \pm 1	6,2 \pm 1	6,7 \pm 1
Beobachtungszeitraum, Median (IQR) (Tage)	50 (22–101)	61 (26–103)	45 (20–97)
Beobachtungstage (n)	3191	1238	1953
Patienten dekanüliert entlassen (n (%))	31 (63)	11 (65)	20 (63)
Kanülenwechsel (n)	146	31	115
Zeit zwischen Kanülenwechseln Median (IQR) (Tage)	7 (2–15)	17 (6–49)	7 (1–13)
Zeitpunkt des Wechsels post Tracheostomie, Mittelwert (Median) (Tage)	76 (52,5)	107 (84)	68 (50)
Zeitpunkt des Wechsels nach letztem Wechsel, Mittelwert (Median) (Tage)	14 (7)	35 (17)	9 (7)

σ = Standardabweichung

Das mittlere Alter der Tracheostomata bei Aufnahme in die Studie betrug 535 Tage bei chirurgisch und 57 Tage bei dilatativ tracheostomierten Patienten; die Mediane lagen bei 69 (chirurgisch) und 14 Tagen (dilatativ).

Abbildung 1 zeigt die Verteilung der ASIA-Klassifikation im Gesamtkollektiv. Bei mehr als der Hälfte der Patienten (27 von 49) lag eine vollständige Schädigung des Rückenmarks vor.

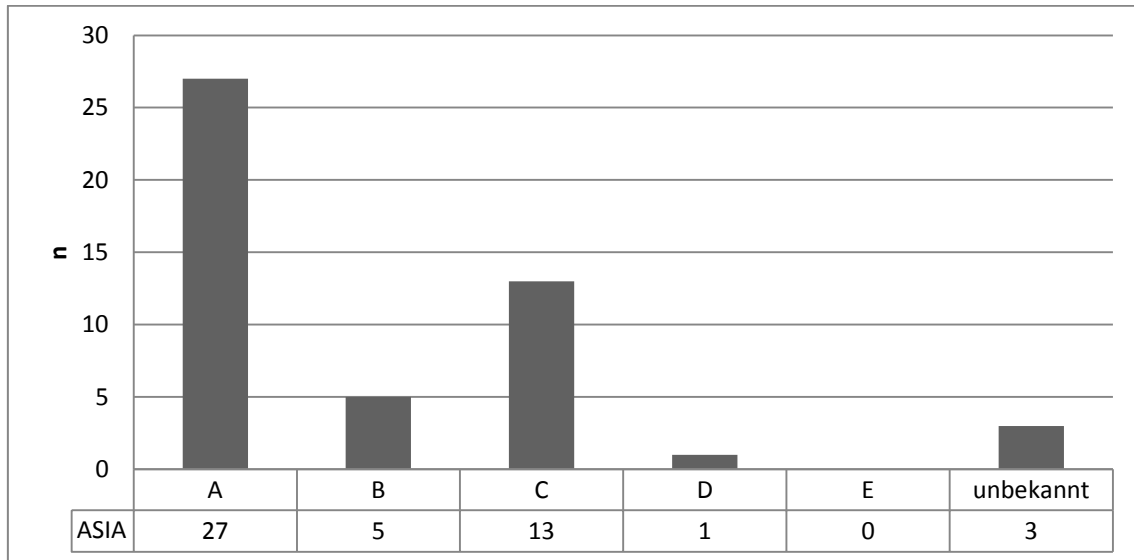


Abbildung 1: Verteilung der ASIA-(American Spinal Injury Association-Classification)-Klassifikation im Gesamtkollektiv – Ausprägung der Rückenmarkläsion

In Abbildung 2 sind jeweils die letzten intakten Rückenmarksegmente angegeben. Der überwiegende Anteil der Patienten (35 von 49) hatte eine Schädigung des zervikalen Rückenmarks erlitten. Nur bei 11 Patienten war die Schädigung auf das thorakale Rückenmark beschränkt.

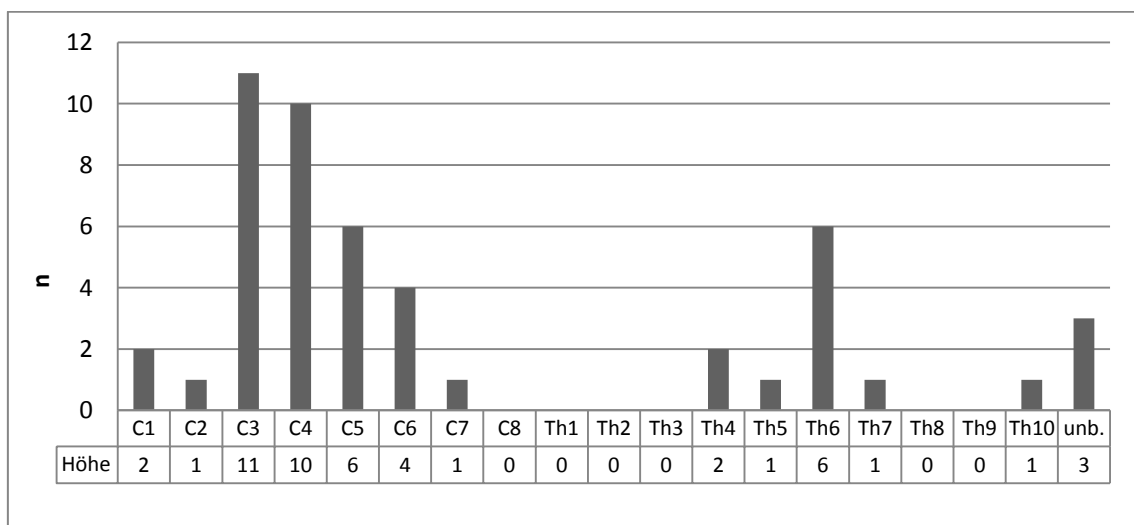


Abbildung 2: Verteilung der ASIA-(American Spinal Injury Association-Classification)-Klassifikation im Gesamtkollektiv – Höhe des letzten intakten Segments C: zervikales Rückenmarksegment; Th: thorakales Rückenmarksegment; unb.: unbekannt

4.2 Rahmenbedingungen des Trachealkanülenwechsels

Tracheostomierte Patienten mit Rückenmarkverletzung wurden auf drei Stationstypen behandelt. Die Verteilung der Wechsel ist Tabelle 7 zu entnehmen. Die weit überwiegende Zahl von Patienten wurde auf einer IMC-Station oder auf einer ICU betreut. 10 % der Patienten wurden auf einer spezialisierten Normalstation behandelt.

Tabelle 7: Ort der Trachealkanülenwechsel – Gesamtkollektiv und Patienten mit chirurgischen bzw. dilatativen Tracheostomien

	Gesamtkollektiv	chirurgische Tracheostomie	dilatative Tracheostomie
Zahl der Wechsel (n)	146	31	115
Normalstation (n (%))	14 (10)	2 (6)	12 (10)
Intermediate Care-Station – IMC (n (%))	105 (72)	26 (84)	79 (69)
Intensivstation – ICU (n (%))	27 (18)	3 (10)	24 (21)

Die Trachealkanülen wurden zu 99 % mittels Bändchen fixiert (144 von 146 Fälle). Bei den beiden verbleibenden Wechseln (1 %) fehlten Angaben zur Fixierung. Mittels Naht war keine Kanüle fixiert.

In mehr als der Hälfte der Fälle wurden die Wechsel elektiv durchgeführt (79 von 146 Fälle (54 %)). Die verbleibenden 67 Wechsel erfolgten dringlich (2,10 pro 100 Beobachtungstage). Von den 67 dringlichen Wechseln waren 31 Wechsel (21 %) aufgrund von akzidentellen Dekanülierungen indiziert. Die letzte Subgruppe ist aufgrund der notfallmäßig erforderlichen Rekanülierung besonders hervorzuheben. Details sind Tabelle 8 zu entnehmen.

Tabelle 8: Indikationen der Trachealkanülenwechsel – Gesamtkollektiv und Patienten mit chirurgischen bzw. dilatativen Tracheostomien

		Gesamtkollektiv n = 146	chirurgische Tracheostomie n = 31	dilatative Tracheostomie n = 115
geplante Wechsel (n (%))		79 (54)	23 (74)	56 (48)
dringliche Wechsel	(n (%))	67 (46)	8 (26)	59 (51)
	Infektion des Tracheostomas (n)	1	0	1
	intratracheale Dislokation der Kanüle (n)	2	0	2
	intraluminale Verlegung der Kanüle durch Schleim oder Borken (n)	22	4	18
	Sonstige (n)	11	3	8
	akzidentelle Dekanülierung	(n (%))	31 (21)	1(3)
	akzidentelle Dekanülierung	subkutan nach außerhalb der Trachea (n)	7	0
	vollständige Dekanülierung (n)	24	1	7

Tabelle 9 listet die Ursachen der akzidentellen Dekanülierungen. Die zwölf Selbstdekanülierungen entfielen auf sieben Patienten. Maximal traten bei einem Patienten sechs Selbstdekanülierungen auf. In fünf Fällen konnten Lagerungsmaßnahmen als Ursache identifiziert werden. In einem Fall war ein Hustenstoß und in einem weiteren Fall die Sekretmobilisation mittels CoughAssist® der Grund.

Tabelle 9: Ursachen der akzidentellen Dekanülierungen – Gesamtkollektiv und Patienten mit chirurgischen bzw. dilatativen Tracheostomien

	Gesamtkollektiv	chirurgische Tracheostomie	dilatative Tracheostomie
akzidentelle Dekanülierung (n entspricht 100 %)	31	1	30
auf Selbstdekanülierung zurückzuführen (n (%))	12 (39)	1 (100)	11 (37)
auf Lagerungsmaßnahmen zurückzuführen (n (%))	5 (16)	0	5 (17)
auf andere Ursache zurückzuführen (n (%))	2 (7)	0	2 (7)
unbekannt (n (%))	12 (39)	0	12 (40)

119 der 146 Wechsel wurden ohne mechanische Hilfsmittel durchgeführt. Bei den 27 Wechseln mit technischer Unterstützung kam in 21 Fällen ein Führungsstab zum Einsatz, in fünf Fällen ein Bronchoskop und in einem Fall ein Absaugkatheter.

Tabelle 10 listet die bei Wechseln von dilatativen und chirurgischen Tracheostomata verwendeten Hilfsmittel.

Tabelle 10: Mechanische Hilfsmittel – Gesamtkollektiv und Patienten mit chirurgischen bzw. dilatativen Tracheostomien

	Gesamt- kollektiv	chirurgische Tracheo- stomie	dilatative Tracheo- stomie	
Wechsel (n entspricht 100 %)	146	31	115	
mit mechanischen Hilfsmitteln (n (%))	27 (19)	4 (13)	23 (20)	
	Führungsstab (n)	21	3	18
	Bronchoskop (n)	5	1	4
	Absaugkatheter (n)	1	0	1

In 76 der 146 Fälle (52 %) wurden medikamentöse Hilfsmittel für den Wechsel der Trachealkanüle eingesetzt. Zum Einsatz kam in 75 Fällen Lidocain-Gel (lokal) und in jeweils einmal Fall die intravenösen Substanzen Propofol und Midazolam.

4.3 Komplikationen

Die bei den Kanülenwechseln aufgetretenen Komplikationen sind in Tabelle 11 dargestellt. Mechanische Komplikationen traten bei 18 (12 %) der 146 Kanülenwechsel auf und eine Zustandsverschlechterung des Patienten bei elf (8 %) Wechseln. Das macht 0,56 Fälle pro 100 Beobachtungstage mit mechanischen Komplikationen und 0,34 Fälle pro 100 Beobachtungstage mit Patientenzustandsverschlechterungen im Zusammenhang mit einem Kanülenwechsel. Nicht jeder Kanülenwechsel mit mechanischen Komplikationen führte zu Veränderungen des Patientenzustandes. Umgekehrt traten Veränderungen des Patientenzustandes nicht nur bei Wechseln mit mechanischen Komplikationen auf, sondern auch bei mechanisch unkomplizierten Wechseln.

In 61 % der Fälle mit mechanischen Problemen konnten die Patienten mit gleicher Trachealkanülengröße gegen einen Widerstand rekanüliert werden. In einem Fall war eine Rekanülierung nicht erfolgreich. In diesem Fall wurde 24 Stunden nach dem Kanülenwechsel erfolglos eine Absaugung über die einliegende Trachealkanüle versucht. Wahrscheinlich wurde beim vorangegangenen Kanülenwechsel nicht das wahre Lumen getroffen, so dass die Kanüle nicht in der Trachea lag. Da der Patient bereits seit über 24 Stunden spontan atmete und stabile Vitalwerte aufwies, wurde die

Dekanülierung akzeptiert bzw. die paratracheal liegende Kanüle komplikationslos entfernt.

Im Zusammenhang mit einem Kanülenwechsel traten keine Weichteilemphyseme, Trachealverletzungen, Pneumothoraces oder die Notwendigkeit einer oralen Intubation auf. In neun Fällen bei sechs Patienten kam es während des Kanülenwechsels zu geringen Blutungen, die im weiteren Verlauf nicht als Komplikation und Veränderung des Patientenzustandes gewertet wurden. Insgesamt traten bei elf Wechseln bei sechs Patienten respiratorische Komplikationen auf. Dazu zählte in zehn Fällen ein Abfall der peripheren Sauerstoffsättigung ($n = 4$ unter 90 %, $n = 3$ unter 80 %, $n = 1$ unter 70 % und $n = 2$ unter 60 %) und drei Fälle mit Verlegung der Atemwege mit der Notwendigkeit einer Bronchoskopie. In einigen Fällen wurde sowohl ein Abfall der peripheren Sauerstoffsättigung als auch eine Verlegung der Atemwege dokumentiert.

Bei drei Wechseln bei drei Patienten kam es zu kardiozirkulatorischen Komplikationen. In zwei Fällen trat eine Bradykardie auf. Im ersten Fall fiel die Herzfrequenz unter 40 Schläge pro Minute und im zweiten Fall unter 60 Schläge pro Minute verbunden mit einer Hypotension unter 50 mmHg oder Pulslosigkeit. Der erste Fall wurde mit Atropin und der zweite Fall mit kurzfristiger Herzdruckmassage bewältigt. In beiden Fällen überlebten die Patienten ohne Folgeschäden.

Tabelle 11: Übersicht über die aufgetretenen Komplikationen – Gesamtkollektiv und Patienten mit chirurgischen bzw. dilatativen Tracheostomien

	Gesamt- kollektiv (n = 146)	chirurgische Tracheostomie (n = 31)	dilatative Tracheostomie (n = 115)
Kanülenwechsel mit mechanischen Komplikationen (n (%))	18 (12)	1 (3)	17 (15)
Patienten ohne mechanische Komplikation (n)	25		
Mechanische Komplikationen pro Patient (n)	0,37	0,06	0,53
Mechanische Komplikation pro 100 Beobachtungstage (n)	0,56	0,08	0,87
Widerstand, mit gleicher Kanülengröße rekanüliert (n (% bezogen auf alle Kanülenwechsel mit mechanischen Komplikationen))	11 (61)	0	11 (65)
Widerstand, mit kleinerer Kanüle ohne Widerstand rekanüliert (n (% bezogen auf alle Kanülenwechsel mit mechanischen Komplikationen))	3 (17)	0	3 (18)
Widerstand, mit kleinerer Kanüle gegen Widerstand rekanüliert (n (% bezogen auf alle Kanülenwechsel mit mechanischen Komplikationen))	3 (17)	1 (100)	2(4)
Widerstand, Rekanülierung nicht möglich (n (% bezogen auf alle Kanülenwechsel mit mechanischen Komplikationen))	1 (6)	0	1(6)
Kanülenwechsel mit Zustandsverschlechterung (n (%))	11 (8)	0	11 (10)
Patienten ohne Zustandsverschlechterung (n)	30		
Zustandsverschlechterungen pro Patient (n)	0,22	0	0,34
Zustandsverschlechterungen pro 100 Beobachtungstage (n)	0,34	0	0,56
Kanülenwechsel mit respiratorischen Komplikationen n (n (% bezogen auf Anzahl der Zustandsverschlechterungen)) (Mehrfachnennung möglich)	11 (100)	0	11 (100)
– Sättigungsabfall (n)	10	0	10
– Atemwegsverlegung (n)	3	0	3
Kanülenwechsel mit kardiozirkulatorischen Komplikationen (n (% bezogen auf Anzahl Zustandsverschlechterungen)) (Mehrfachnennung möglich)	3 (27)	0	3 (27)
– Tachykardie (n)	1	0	1
– Bradykardie (n)	2	0	2
– Hypotension (n)	1	0	1
– Atropingabe (n)	1	0	1
– Herzdruckmassage (n)	1	0	1

79 der 146 Wechsel (54 %) erfolgten elektiv. 46 % aller Kanülenwechsel wurden dringlich durchgeführt (67 von 146). Der Hauptgrund für dringliche Wechsel waren akzidentelle Dekanülierungen (31 der 67 dringlichen Wechsel (46 %)). In Tabelle 12

sind die aufgetretenen Komplikationen in Abhängigkeit von der Wechselursache (elektiv / dringlich ohne akzidentelle Dekanülierung / dringlich bei akzidenteller Dekanülierung) gelistet.

Patientenzustandsverschlechterungen traten signifikant häufiger bei dringlichen Kanülenwechseln auf als bei elektiven (dringende Wechsel: 9 von 67 (13 %) versus elektive Wechsel: 2 von 79 (3 %); OR 5,91; 95 %-CI 1,11–58,15, $p = 0,02$). Das Gleiche galt für mechanische Komplikationen (dringliche Wechsel: 13 von 67 (19 %) versus elektive Wechsel 5 von 79 (6 %); OR 3,53, 95 %-CI 1,10–13,44, $p = 0,02$).

Tabelle 12: Auftretende Komplikationen in Abhängigkeit von der Dringlichkeit des Wechsels

		elektiv	dringend – ohne akzidentelle Dekanülierung	dringend – mit akzidenteller Dekanülierung
n		79	36	31
Kanülenwechsel mit mechanischen Komplikationen	n (%)	5 (6)	4 (11)	9 (29)
	Widerstand, Rekanülierung mit gleicher Kanülengröße (n)	3	4	4
	Widerstand, Rekanülierung mit kleinerer Kanüle ohne Widerstand (n)	1	0	2
	Widerstand, Rekanülierung mit kleinerer Kanüle gegen Widerstand (n)	1	0	2
	Rekanülierung nicht möglich (n)	0	0	1
Kanülenwechsel mit Zustands- verschlechterung*	n (%)	2 (3)	4 (11)	5 (16)
	respiratorische Komplikationen (n)	2	4	5
	kardiozirkulatorische Komplikationen (n)	1	1	1

* Mehrfachnennungen möglich

Anschließend wurde die Untergruppe mit Wechseln unter Zuhilfenahme von mechanischen Hilfsmitteln betrachtet. Bei 21 der 27 Wechsel mit mechanischen Hilfsmitteln ($n = 17$ Führungsstab, $n = 4$ Bronchoskop) kam es zu keinen mechanischen Problemen, bei sechs Fällen gab es mechanische Komplikationen. Bei drei von 27 Wechseln mit mechanischen Hilfsmitteln verschlechterte sich der Patientenzustand. Es konnte kein statistischer Zusammenhang zwischen der Verwendung von technischen Hilfsmitteln und mechanischen Komplikationen (OR 2,5; 95 %-CI 0,70–8,32; $p = 0,1$)

oder Patientenzustandsverschlechterungen (OR 1,73; 95 %-CI 0,28–7,90; $p = 0,42$) nachgewiesen werden.

4.4 Zeitpunkt der Kanülenwechsel

Abbildung 3 zeigt, zu welchen Zeitpunkten Wechsel auf den beteiligten Stationen stattfanden. Bei Intensivpatienten war das Alter der Tracheostomata im Mittel am geringsten. Die Wechsel fanden im Median am 24. Tag nach der Tracheostomie statt (Spannweite 6.–122. Tag). Bei Patienten auf der IMC wurde der Wechsel im Median am 57. Tag nach Anlage des Tracheostomas durchgeführt (Spannweite 5.–300. Tag). Die ältesten Tracheostomata waren auf der Normalstation zu finden. Hier wurde die Trachealkanüle im Median am 146. Tag nach Anlage des Tracheostomas gewechselt (Spannweite 41.–268. Tag).

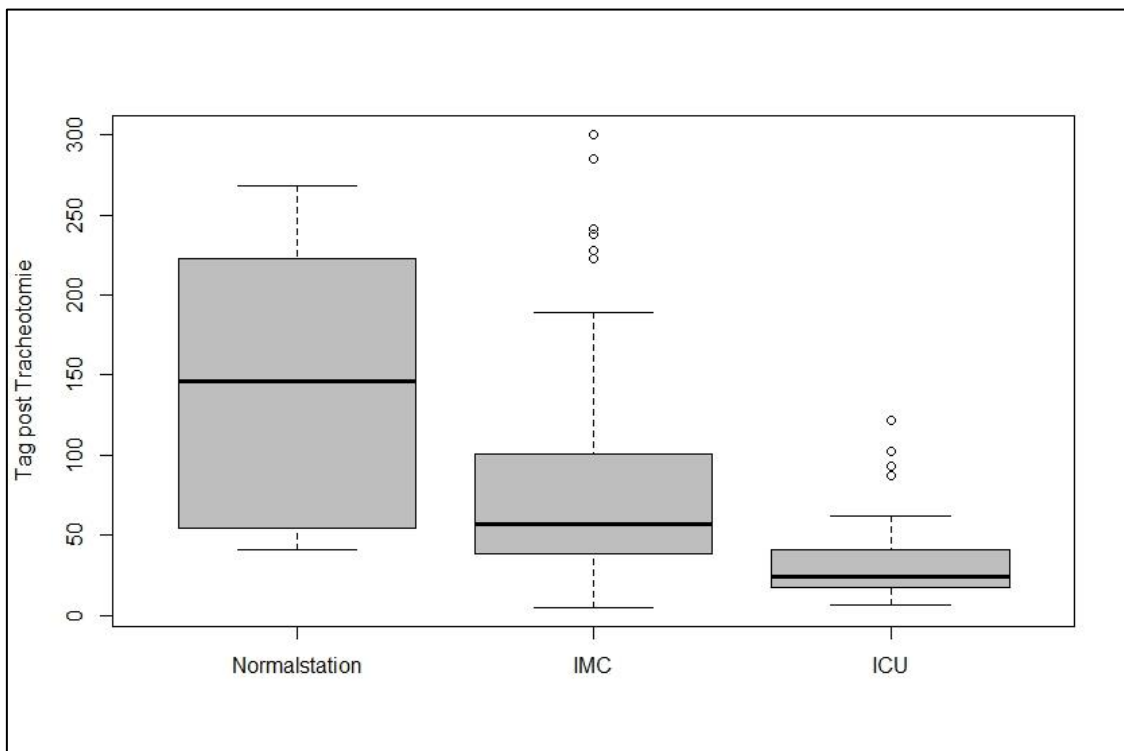


Abbildung 3: Zeitpunkt des Wechsels nach der Tracheostomie (Tage) aufgeteilt nach Stationen

(IMC: Intermediate Care-Station; ICU: Intensiv Care Unit)

Innerhalb der ersten zwei Wochen nach der Tracheostomie wurden 3,54 Kanülenwechsel pro 100 Beobachtungstage durchgeführt. In diesem Zeitraum traten keine akzidentellen Dekanülierungen auf. Innerhalb der dritten und vierten Woche nach

der Tracheostomie erhöhte sich die Inzidenz elektiver und dringender Kanülenwechsel (9,09 pro 100 Beobachtungstage insgesamt, 3,79 pro 100 Beobachtungstage elektiv, 5,30 pro 100 Beobachtungstage dringend). Danach nahm mit zunehmendem Alter der Tracheostomata die Inzidenz der Kanülenwechsel ab. Nach Woche acht sank die Inzidenz von elektiven und dringenden Kanülenwechseln unter dem Wert für die ersten zwei Wochen. Abbildung 4 stellt die Häufigkeit der Kanülenwechsel in den verschiedenen Gruppen im zeitlichen Verlauf dar.

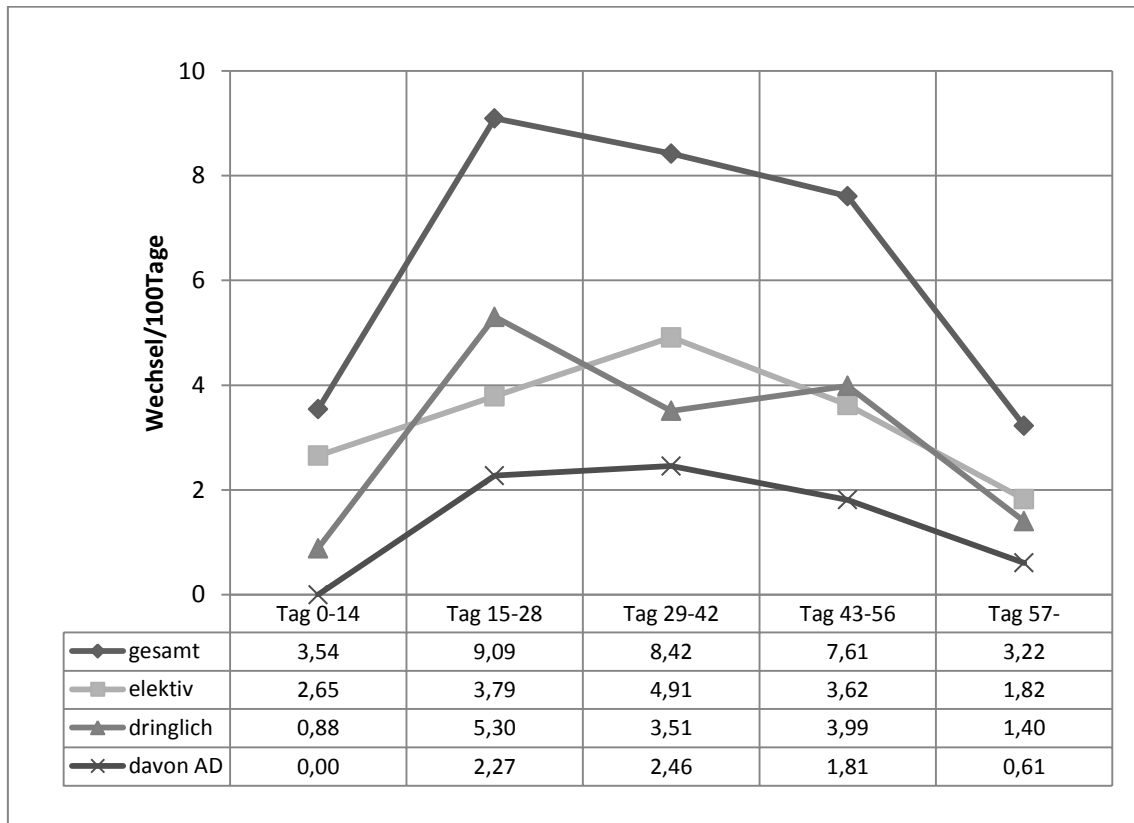


Abbildung 4: Kanülenwechsel pro 100 Beobachtungstage für Tag 0–14, 15–28, 29–42, 43–56 und ab Tag 57 nach der Tracheostomie (AD: akzidentelle Dekanülierung)

4.5 Multivariate Statistik

Zur Identifikation möglicher Risikofaktoren für mechanische Komplikationen und Zustandsverschlechterungen des Patienten wurde eine logistische Regression und Rückwärtsselektion durchgeführt (Tabelle 13). Als Risikofaktoren für mechanische Komplikationen erwiesen sich die Parameter frisches Tracheostoma (OR 0,98; 95 %-CI 0,97–1,00; $p = 0,022$), dringlicher Wechsel (OR 7,50; 95 %-CI 1,96–41,74; $p = 0,008$), geringes Alter (Alter: OR 0,94; 95 %-CI 0,90–0,99; $p = 0,011$), niedriges

Körpergewicht (Körpergewicht: OR 0,94; 95 %-CI 0,87–0,99; $p = 0,040$) und großer Halsumfang (OR 1,35; 95 %-CI 1,08–1,72; $p = 0,009$).

Ein erhöhtes Risiko für eine Zustandsverschlechterung zeigten die Parameter dringlicher Wechsel (OR 4,86; 95 %-CI 1,11–34,25; $p = 0,058$), niedriges Körpergewicht (Körpergewicht OR 0,89; 95 %-CI 0,77–0,98; $p = 0,056$) und großer Halsumfang (OR 1,5; 95 %-CI 1,12–2,25; $p = 0,017$).

Tabelle 13: Identifikation von Risikofaktoren für mechanische Komplikationen und Zustandsverschlechterungen der Patienten – logistische Regression und Rückwärtsselektion

Mechanische Komplikationen						
	Logistische Regression			Nach Rückwärtsselektion		
	Odds-Ratio	95 %-Konfidenzintervall	p	Odds-Ratio	95 %-Konfidenzintervall	p
männlich	1					
weiblich	2,16	0,18–25,74	0,535			
Tage post Tracheostomie	0,99	0,97–1,00	0,074	0,98	0,97–1,00	0,022
chirurgische Tracheostomie	1					
dilatative Tracheostomie	3,27	0,35–105,52	0,390			
elektiver Wechsel	1			1		
dringlicher Wechsel	7,82	1,74–54,83	0,016	7,50	1,96–41,74	0,008
Alter	0,93	0,88–0,98	0,014	0,94	0,90–0,99	0,011
Körpergröße	0,99	0,89–1,10	0,854			
Körpergewicht	0,94	0,88–1,00	0,051	0,94	0,87–0,99	0,040
Halsumfang	1,40	1,11–1,82	0,006	1,35	1,08–1,72	0,009
Thyreo-jugularer-Abstand	0,88	0,44–1,75	0,712			
Patientenzustandsverschlechterung						
	Logistische Regression			Nach Rückwärtsselektion		
	Odds-Ratio	95 %-Konfidenzintervall	p	Odds-Ratio	95 %-Konfidenzintervall	p
männlich	1					
weiblich	5,83	0,19–268,87	0,333			
Tage post Tracheostomie	1,00	0,99–1,02	0,636			
chirurgische Tracheostomie	1			1		
dilatative Tracheostomie	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
elektiver Wechsel	1			1		
dringlicher Wechsel	3,75	0,73–32,45	0,154	4,86	1,11–34,25	0,058
Alter	0,96	0,87–1,07	0,369			
Körpergröße	1,18	0,96–1,66	0,212			
Körpergewicht	0,87	0,70–0,98	0,058	0,89	0,77–0,98	0,056
Halsumfang	1,48	1,01–2,79	0,090	1,5	1,12–2,25	0,017
Thyreo-jugularer-Abstand	0,21	0,01–1,03	0,133			

n/a = not applicable (unzutreffend)

5 DISKUSSION

Die vorliegende prospektive Beobachtungsstudie an langzeittracheostomierten Patienten mit Rückenmarkverletzungen belegt die Häufigkeit von Komplikationen beim Kanülenwechsel oder Wiedereinsetzen dislozierter Kanülen – auch Wochen nach der Tracheostomie. Nach Kenntnisstand des Autors der vorliegenden Dissertation wurden bisher entsprechende Daten nur für ein kurzes Zeitintervall nach der Tracheostomie erfasst. Die vorliegende Studie zeichnet sich durch ein längeres Beobachtungsintervall aus.

White et al. beobachteten $0,42 \pm 0,09$ akzidentelle Dekanülierungen pro 100 Beobachtungstage bei langzeittracheostomierten Patienten. Nach Durchführung einer Reihe von Verbesserungsmaßnahmen, einschließlich der Schulung des Personals und der Erhöhung der Verfügbarkeit von Telemetrie und Oximetrie, konnten die Autoren die Rate signifikant auf $0,27 \pm 0,19$ pro 100 Beobachtungstage senken. In der vorliegenden Studie lag die Inzidenz bei $0,97$ akzidentellen Dekanülierungen pro 100 Beobachtungstage. Die Studie von White et al. wurde in einem „long-term acute care hospital“ und einer „respiratory step-down unit“ durchgeführt. Die Vergleichbarkeit dieser Einrichtungen mit den in der vorliegenden Studie teilnehmenden Stationen eines Akutkrankenhauses ist fraglich. Die Autoren berichteten weder über Komplikationen im Zusammenhang mit Kanülenwechseln aufgrund von akzidentellen Dekanülierungen, noch über das Auftreten von Kanülenwechseln aus anderen Gründen (White et al., 2010). Die Inzidenz akzidenteller Dekanülierungen ist mit $0,97$ pro 100 Beobachtungstage im Vergleich zur Inzidenz in der Studie von White et al. doppelt so hoch, wobei die Häufigkeit akzidenteller Dekanülierungen sechs Wochen nach der Tracheostomie abnahm. White et al. machten keine Angaben zum durchschnittlichen Alter der Tracheostomata bei Studieneinschluss. Vermutlich waren die Patienten in dieser Studie schon länger tracheostomiert. Die vorliegenden Ergebnisse stehen somit nicht im Widerspruch zu den Befunden von White et al., sondern können als Ergänzung mit Blick auf die Situation in Akutkrankenhäusern verstanden werden.

Tabaee et al. führten eine Umfrage unter „chief residents“ der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde durch. Der erste Kanülenwechsel erfolgte durchschnittlich 5,3 Tage

(Spannweite 3–7 Tage) nach dem ersten Eingriff. 42 % der Befragten gaben an, während ihrer Tätigkeit einen Atemwegsverlust und 15 % einen Tod infolge eines ersten Kanülenwechsels miterlebt zu haben. Die Autoren diskutierten die inakzeptable Häufigkeit schwerer Komplikationen in ihrer Untersuchung. Informationen zu Komplikationsraten bei aufeinanderfolgenden Kanülenwechseln fehlten (Tabaee et al., 2007). Die vorliegende Studie lieferte keine Daten zu spezifischen Problemen beim ersten Wechsel nach der Tracheostomie. Der Fokus lag vielmehr auf langzeittracheostomierten Patienten. Zum Teil wurden Patienten eingeschlossen, die erst Wochen nach der Tracheostomie im Berufsgenossenschaftlichen Universitätsklinikum Bergmannsheil behandelt wurden oder bereits vor Jahren eine Tracheostomie erhalten hatten, sodass keine detaillierten Informationen zu den ersten Kanülenwechseln vorlagen.

Während der gesamten Studiendauer kam es zu keinem Todesfall im Zusammenhang mit einer Tracheostomie, sodass in Bezug auf die Mortalität der beiden Verfahren keine neuen Erkenntnisse vorliegen. In der Studie von Klemm und Nowak waren die meisten Todesfälle (18 %) mit einer Blutung assoziiert (Klemm and Nowak, 2017). Im Beobachtungszeitraum von 3191 Tagen kam es in der durchgeführten Studie zu keiner starken oder sehr starken Blutung.

Nach dem Wissen des Autors ist die vorliegende Dissertation die erste Studie, die prospektiv potenzielle Korrelationen zwischen den Körpermaßen der Patienten wie Größe, Gewicht, Halsumfang und Abstand zwischen Schildknorpel und Jugulum und der Häufigkeit von Komplikationen bei Kanülenwechseln analysierte. Dabei beschränkte sich die Studie auf Patienten mit Rückenmarkverletzungen. Gegen eine daraus resultierende fehlende Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse spricht, dass Patienten ohne Rückenmarkverletzung, bei denen langfristig ein Tracheostoma erforderlich ist, häufig neurologisch beeinträchtigt sind und / oder nach längerem Intensivaufenthalt an Muskelschwäche leiden. Daher liegt der Schluss nahe, dass die Beobachtungen an Patienten mit Rückenmarkverletzungen für andere Patientengruppen ebenfalls relevant sein könnten.

An 3191 Beobachtungstagen wurden 79 elektive Kanülenwechsel (2,48 pro 100 Beobachtungstage) dokumentiert, bei denen in 6 % der Fälle mechanische Komplikationen und bei 3 % Patientenzustandsverschlechterungen auftraten. Diese

überraschend hohe Komplikationsrate erfordert eine gründliche Planung und Vorbereitung, ebenso wie eine präzise Durchführung – auch im langfristigen Setting – da diese mit einem nicht unerheblichen Komplikationsrisiko verbunden sind.

Bei erfahrenen Teams, die mit optimierten Standards und Flussdiagrammen arbeiten, sind Kanülenwechsel, um die Größe oder Länge zu ändern, die Anpassung zu optimieren oder das Sprechen zu ermöglichen, seltener notwendig. Trotz Minimierung der Zahl der Wechsel bleiben manche Wechsel, zum Beispiel bei einem Cuff-Defekt, aber unvermeidbar.

Einige Autoren schlagen interprofessionelle Tracheostomieteams vor (Mestral et al., 2011; Tobin and Santamaria, 2008), da so die Liegedauern der Trachealkanülen, die Krankenhausverweildauer und die Komplikationsraten verringert werden könnten. Zudem ließe sich der Einsatz von Sprechkanülen erhöhen. Eine systematische Überprüfung und Metaanalyse ergab jedoch, dass es nur schwache Belege gibt, die diese Aussage stützen (Speed and Harding, 2013). Auf der Basis der vorliegenden Befunde, ist es aber durchaus denkbar, dass ein interprofessionelles Tracheostomieteam helfen kann, elektive und dringende Kanülenwechsel und die damit verbundenen Risiken zu reduzieren.

Ein wesentlicher Befund der vorliegenden Studie mit langzeittracheostomierten Patienten ist der Zeitfaktor. Die Notwendigkeit eines Kanülenwechsels und die Inzidenz von akzidentellen Dekanülierungen sind in der dritten und vierten Woche nach der primären Tracheostomie am höchsten und bleiben über acht Wochen auf einem hohen Niveau. Diese Ergebnisse unterstreichen den erweiterten Bedarf an spezialisierter und gut ausgebildeter interprofessioneller Betreuung sowie an Ressourcen für diese Risikopatienten.

Potentielle Risikofaktoren für mechanische Komplikationen und Zustandsverschlechterungen der Patienten wurden mittels logistischer Regression und anschließender Variablenselektion mittels Rückwärtsselektion identifiziert (Heinze and Dunkler, 2017; Sun et al., 1996).

Sowohl für Zustandsverschlechterungen der Patienten als auch für mechanische Komplikationen wurden dringliche Wechsel, ein niedriges Körpergewicht und ein

großer Halsumfang als Risikofaktoren identifiziert. Als weiterer Risikofaktor für mechanische Komplikationen stellte sich ein niedriges Alter des Patienten heraus.

Dass dringliche Wechsel komplikationsträchtiger sind, liegt auf der Hand. Vor dem Hintergrund des zeitlichen Drucks bei einer eventuellen Zustandsverschlechterung des Patienten, wird deutlich, wie wichtig die Ausbildung der Behandler ist, um jederzeit entschlossen, sicher und gewissenhaft reagieren zu können. Ein großer Halsumfang bedingt schwierigere anatomische Verhältnisse in Form eines voluminösen Weichteilmantels

Eine schlüssige Erklärung für den Befund, dass ein niedriges Patientenalter oder ein niedriges Körpergewicht Risikofaktoren für Komplikationen sind, konnten nicht evaluiert werden. Auf Grund der geringen Fallzahl ist ein statistischer Fehler hier nicht auszuschließen, da der Einfluss des Körpergewichts das Signifikanzniveau nur knapp erreichte.

Ein höheres Alter des Tracheostomas wurde dagegen als protektiver Faktor identifiziert. Eine Konsolidierung insbesondere eines dilatativen Tracheostomas benötigt Zeit, ein chirurgisches Tracheostoma muss verheilen.

Als Limitationen dieser Studie ist die geringe Patientenzahl zu berücksichtigen. Deshalb sind die Unterschiede, die sich auf die Zahl der Patienten beziehen mit Vorsicht zu interpretieren. Allerdings sind die Ergebnisse, die sich auf die deutlich höhere Zahl an Kanülenwechseln und die Beobachtungstage beziehen als etwas robuster einzuschätzen. Weiterhin wurden die Kanülenwechsel auf unterschiedlichen Stationen durchgeführt, sodass die strukturellen Umstände (Monitoring, Telemetrie oder Länge der Laufwege) unterschiedlich waren. Das Ärzteteam, das die Kanülenwechsel durchführte war jedoch das gleiche. So war zumindest die ärztliche Durchführung der Kanülenwechsel, unabhängig vom Ort, vergleichbar. Unterschiede in Bezug auf die Art des Tracheostomas (chirurgisch versus perkutan dilatativ) können aufgrund der unterschiedlichen Verteilung nur mit Vorsicht interpretiert werden. Allerdings zeigt sich das Tracheostomieverfahren in der multivariaten Analyse nicht als unabhängiger Risikofaktor für mechanische Komplikationen oder Patientenzustandsverschlechterungen. Nicht auszuschließen ist schließlich, dass die Dringlichkeit oder Ausprägung von Komplikationen in Einzelfällen durch die

behandelnden Ärzte unterschiedlich eingeschätzt wurde. Dem wurde versucht durch die im Dokumentationsbogen vorgegebenen Definitionen und die Abfrage von objektivierbaren Parametern entgegenzuwirken.

Zusammenfassend ergeben sich die folgenden wichtigsten Schlussfolgerungen: Bei tracheostomierten Langzeitpatienten betrug die Gesamtinzidenz der Kanülenwechsel 4,58 pro 100 Beobachtungstage und die dringender Kanülenwechsel 2,10 pro 100 Beobachtungstage. 21 % der dringenden Kanülenwechsel waren nach akzidenteller Dekanülierung erforderlich. Bei 12 % aller Kanülenwechsel kam es zu mechanischen Komplikationen und in 8 % aller Kanülenwechsel zu Verschlechterungen des Patientenzustandes. Bei akzidentellen Dekanülierungen waren mechanische Komplikationen (29 %) und Verschlechterungen des Patientenzustandes (16 %) besonders häufig. Diese Befunde verdeutlichen, dass Ärzte und Pflegekräfte über schwerwiegende Ereignisse informiert sein müssen und über Monitoring, Wissen und Ressourcen verfügen sollten, um solche herausfordernden Ereignisse – auch Wochen nach der Tracheostomie – bewältigen zu können.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen dieser prospektiven monozentrischen Beobachtungsstudie wurden die Inzidenz und Komplikationen bei Trachealkanülenwechseln bei langzeittracheostomierten Patienten mit Rückenmarkverletzungen untersucht. Die Studie wurde von September 2016 bis September 2017 im Berufsgenossenschaftlichen Universitätsklinikum Bergmannsheil in Bochum durchgeführt. Hierbei wurden Daten von 49 Patienten mit einer Tracheostomie in der Chirurgischen Klinik und der Abteilung für Rückenmarkverletzte erfasst – unabhängig davon, wann das Tracheostoma angelegt wurde.

Innerhalb von 3191 Beobachtungstagen kam es zu 149 Kanülenwechsel. Die Inzidenz dringlicher Kanülenwechsel betrug 2,10 pro 100 Beobachtungstage. Innerhalb der ersten acht Wochen nach der Tracheostomie lag der Wert bei vier pro 100 Beobachtungstage, danach bei weniger als zwei. Insgesamt traten bei 12 % der Wechsel mechanische Probleme und bei 8 % Zustandsverschlechterungen des Patienten auf. Es konnten 0,97 akzidentelle Dekanülierungen pro 100 Beobachtungstage dokumentiert werden. Eine Rekanülierung war in diesen Fällen zu 29 % mit mechanischen Komplikationen und zu 16 % mit Patientenzustandsverschlechterungen vergesellschaftet. Ein frühzeitiger Kanülenwechsel, ein großer Halsumfang, ein niedriges Alter, ein niedriges Körpergewicht und dringliche Kanülenwechsel wurden als Risikofaktoren für mechanische Probleme identifiziert. Ein frühzeitiger Kanülenwechsel, ein niedriges Körpergewicht und ein großer Halsumfang konnten zusätzlich als Risikofaktoren für Verschlechterungen des Patientenzustandes herausgearbeitet werden.

Die Befunde belegen die Häufigkeit akzidenteller Dekanülierungen und dringlicher Kanülenwechsel und damit verbundener mechanischer Probleme oder Patientenzustandsverschlechterungen. Ärzte und Pflegekräfte müssen selbst Wochen nach der Tracheostomie mit solchen schwerwiegenden Ereignissen rechnen. Für ein adäquates und schnelles Eingreifen benötigen sie Wissen und geeignete Ressourcen.

7 LITERATURVERZEICHNIS

1. Bartels, H. (2005):
Techniken der Tracheotomie/Tracheostomie.
Chirurg 76, 507-514.
2. Baumann, H.J., Kemei, C., Kluge, S. (2010):
Die Tracheotomie auf der Intensivstation.
Pneumologie 64, 769-776.
3. Brass, P., Hellmich, M., Ladra, A., Ladra, J., Wrzosek, A. (2016):
Percutaneous techniques versus surgical techniques for tracheostomy.
Cochrane Database Syst Rev 7, CD008045.
4. Braune, S., Kluge, S. (2012):
Update Tracheotomie.
Med Klin Intensivmed Notfmed 107, 543-547.
5. Delaney, A., Bagshaw, S.M., Nalos, M.:
Percutaneous dilatational tracheostomy versus surgical tracheostomy in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis, Online-Publikation;
<http://ccforum.com/content/10/2/R55>; 12.12.2019.
6. Durbin, C.G. (2005):
Indications for and timing of tracheostomy.
Respir Care 50, 483-487.
7. Friedman, Y., Fildes, J., Mizock, B., Samuel, J., Patel, S., Appavu, S., Roberts, R. (1996):
Comparison of percutaneous and surgical tracheostomies.
Chest 110, 480-485.
8. Goldenberg, D., Golz, A., Huri, A., Netzer, A., Joachims, H.Z., Bar-Lavie, Y. (2003):
Percutaneous dilation tracheotomy versus surgical tracheotomy: our experience.
Otolaryngol Head Neck Surg 128, 358-363.
9. Heffner, J.E. (2008):
Tracheostomy decannulation: marathons and finish lines.
Crit Care 12, 128.
10. Heinze, G., Dunkler, D. (2017):

- Five myths about variable selection.
Transpl Int 30, 6-10.
11. Higgins, K.M., Punthakee, X. (2007):
Meta-analysis comparison of open versus percutaneous tracheostomy.
Laryngoscope 117, 447-454.
12. Klemm, E., Nowak, A.K. (2017):
Tracheotomy-Related Deaths.
Dtsch Arztebl Int. 114, 273-279.
13. Kunz, T., Strametz, R., Gründling, M., Byhahn, C. (2012):
Punktionstracheotomie in der Intensivmedizin - Update 2012.
Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 47, 598-604.
14. Larsen, R., Ziegenfuß, T. (2013):
Beatmung: Indikationen - Techniken - Krankheitsbilder. 5. Ed. Berlin,
Heidelberg: Springer.
15. MacCallum, P.L., Parnes, L.S., Sharpe, M.D., Harris, C. (2000):
Comparison of open, percutaneous, and translaryngeal tracheostomies.
Otolaryngol Head Neck Surg 122, 686-690.
16. Massick, D.D., Yao, S., Powell, D.M., Griesen, D., Hobgood, T., Allen, J.N.,
Schuller, D.E. (2001):
Bedside tracheostomy in the intensive care unit: a prospectiverandomized trial
comparing open surgical tracheostomy with endoscopically guided percutaneous
dilatational tracheotomy.
Laryngoscope 111, 494-500.
17. Mehta, C., Mehta, Y. (2017):
Percutaneous tracheostomy.
Ann Card Anaesth 20, S19-S25.
18. Meininger, D., Walcher, F., Byhahn, C. (2011):
Tracheotomie bei intensivmedizinischer Langzeitbeatmung :Indikationen,
Techniken und Komplikationen.
Chirurg 82, 107-10.
19. Mestral, C. de, Iqbal, S., Fong, N., LeBlanc, J., Fata, P., Razek, T., Khwaja, K.
(2011):
Impact of a specialized multidisciplinary tracheostomy team on tracheostomy
care in critically ill patients.

- Can J Surg 54, 167-172.
20. Mieth, M., Schellhaaß, A., Hüttner, F.J., Larmann, J., Weigand, M.A., Büchler, M.W. (2016):
Tracheotomietechniken.
Chirurg 87, 73-83.
21. Richter, T., Sutarski, S. (2009):
Tracheostoma. Handhabung und Komplikationen.
Anaesthesist 58, 1261-72.
22. Ronen, O., Rosin, I., Taitelman, U.Z., Altman, E. (2019):
Comparison of Ciaglia and Griggs Percutaneous Tracheostomy Techniques - A Biomechanical Animal Study.
Indian J Crit Care Med 23, 247-250.
23. Schönhofer, B., Geiseler, J., Dellweg, D., Moerer, O., Barchfeld, T., Fuchs, H., Karg, O., Rosseau, S., Sitter, H., Weber-Carstens, S., Westhoff, M., Windisch, W. (2014):
Prolongiertes Weaning: S2k-Leitlinie herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V.
Pneumologie 68, 19-75.
24. Shan, L., Hao, P., Xu, F., Chen, Y.-G. (2013):
Benefits of early tracheotomy: a meta-analysis based on 6 observational studies.
Respir Care 58, 1856-1862.
25. Speed, L., Harding, K.E. (2013):
Tracheostomy teams reduce total tracheostomy time and increase speaking valve use: a systematic review and meta-analysis.
J Crit Care 28, 216.e1-10.
26. Sun, G.-W., Shook, T.L., Kay, G.L. (1996):
Inappropriate use of bivariable analysis to screen risk factors for use in multivariable analysis.
J Clin Epidemiol 49, 907-916.
27. Tabaei, A., Lando, T., Rickert, S., Stewart, M.G., Kuhel, W.I. (2007):
Practice patterns, safety, and rationale for tracheostomy tube changes: a survey of otolaryngology training programs.
Laryngoscope 117, 573-576.

28. Terragni, P.P., Antonelli, M., Fumagalli, R., Faggiano, C., Berardino, M., Pallavicini, F.B., Miletto, A., Mangione, S., Sinardi, A.U., Pastorelli, M., Vivaldi, N., Pasetto, A., Della Rocca, G., Urbino, R., Filippini, C., Pagano, E., Evangelista, A., Ciccone, G., Mascia, L., Ranieri, V.M. (2010):
Early vs late tracheotomy for prevention of pneumonia in mechanically ventilated adult ICU patients: a randomized controlled trial.
JAMA 303, 1483-1489.
29. Tobin, A.E., Santamaria, J.D. (2008):
An intensivist-led tracheostomy review team is associated with shorter decannulation time and length of stay: a prospective cohort study.
Crit Care 12, R48.
30. Westphal, K., Byhahn, C., Lischke, V. (1999):
Die Tracheotomie in der Intensivmedizin.
Anaesthesist 48, 142-156.
31. White, A.C., Kher, S., O'Connor, H.H. (2010):
When to change a tracheostomy tube.
Respir Care 55, 1069-1075.
32. Wilcox, S.R., Schmidt, U.H. (2009):
Are tracheostomized patients safe on regular hospital wards?
Respir Care 54, 1632-1634.

8 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Verteilung der ASIA-(American Spinal Injury Association-Classification)-Klassifikation im Gesamtkollektiv – Ausprägung der Rückenmarkläsion	22
Abbildung 2: Verteilung der ASIA-(American Spinal Injury Association-Classification)-Klassifikation im Gesamtkollektiv – Höhe des letzten intakten Segments	22
Abbildung 3: Zeitpunkt des Wechsels nach der Tracheostomie (Tage) aufgeteilt nach Stationen	29
Abbildung 4: Kanülenwechsel pro 100 Beobachtungstage für Tag 0–14, 15–28, 29–42, 43–56 und ab Tag 57 nach der Tracheostomie	30

9 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Indikationen der Tracheostomie (Richter and Sutarski, 2009).....	6
Tabelle 2: Vorteile einer frühen Tracheostomie gegenüber einer späten (Shan et al., 2013).....	7
Tabelle 3: Methoden der perkutanen dilatativen Tracheostomie (Richter and Sutarski, 2009).....	8
Tabelle 4: Kontraindikationen der Dilatationstracheostomie (Mehta and Mehta, 2017)	10
Tabelle 5: Unterschiede bei den Komplikationsraten – dilatative Tracheostomie versus chirurgische Tracheostomie (Brass et al., 2016)	11
Tabelle 6: Demographische Daten, Patientenmaße und Wechselzeitpunkte – Gesamtkollektiv und Patienten mit chirurgischen bzw. dilatativen Tracheostomien	21
Tabelle 7: Ort der Trachealkanülenwechsel – Gesamtkollektiv und Patienten mit chirurgischen bzw. dilatativen Tracheostomien	23
Tabelle 8: Indikationen der Trachealkanülenwechsel – Gesamtkollektiv und Patienten mit chirurgischen bzw. dilatativen Tracheostomien.....	24
Tabelle 9: Ursachen der akzidentellen Dekanülierungen – Gesamtkollektiv und Patienten mit chirurgischen bzw. dilatativen Tracheostomien.....	24
Tabelle 10: Mechanische Hilfsmittel – Gesamtkollektiv und Patienten mit chirurgischen bzw. dilatativen Tracheostomien.....	25
Tabelle 11: Übersicht über die aufgetretenen Komplikationen – Gesamtkollektiv und Patienten mit chirurgischen bzw. dilatativen Tracheostomien.....	27
Tabelle 12: Auftretende Komplikationen in Abhängigkeit von der Dringlichkeit des Wechsels.....	28
Tabelle 13: Identifikation von Risikofaktoren für mechanische Komplikationen und Zustandsverschlechterungen der Patienten – logistische Regression und Rückwärtsselektion.....	31

10 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ASIA	American Spinal Injury Association- Classification
C	zervikales Rückenmarksegment
CI	Konfidenzintervall
FiO ₂	inspiratorische Sauerstofffraktion
ICU	Intensive Care Unit
IMC	Intermediate Care
IQR	Interquartilabstand
OR	Odds Ratio
PEEP	positive endexpiratory pressure
Th	thorakales Rückenmarksegment
σ	Standardabweichung

11 ANHANG

Anhang A

<u>Aufnahmeblatt</u>	
Name:	
Vorname:	
Geb.Dat.:	
Datum Tracheotomie:	
Datum stationäre Aufnahme:	Entlassung:
Datum Aufnahme in die Studie:	

Geschlecht: <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> W	
Alter bei Aufnahme in die Studie:	
Alter des Tracheostomas zu Beginn der Studie:	
<input type="checkbox"/> Tracheotomie = Aufnahme in die Studie	
Körpergröße:	Körpergewicht:
Halsumfang (über Larynx):	Thyro-Jugularer-Abstand:
Anatomische Besonderheiten:	
Tracheotomieverfahren: <input type="checkbox"/> chirurgisch <input type="checkbox"/> dilatativ	
Grund der Tracheotomie (Diagnose):	
Informationen zur / Komplikationen während der Tracheotomie:	
Beobachtungszeitraum:	
<input type="checkbox"/> kanüliert entlassen <input type="checkbox"/> dekanüliert entlassen	

Anhang B

Dokumentationsblatt	Patientenidentifikation:	Datum:

<input type="checkbox"/> Normalstation	<input type="checkbox"/> IMC	<input type="checkbox"/> ICU
<input type="checkbox"/> Eingriffsraum		
Tag post Tracheotomie:	Tag post letztem Wechsel:	
Art der Fixierung:	<input type="checkbox"/> Annaht	<input type="checkbox"/> Bändchen
	<input type="checkbox"/> Sonstiges: _____	
Grund:	<input type="checkbox"/> geplanter Kanülenwechsel <input type="checkbox"/> zwingend erforderlicher Kanülenwechsel	
	<input type="checkbox"/> Infektion des Tracheostomas <input type="checkbox"/> Blutung der Tracheostomawunde <input type="checkbox"/> Dislokation mit Anstoßen an die Wand der Trachea <input type="checkbox"/> Ulcus tracheale Hinterwand <input type="checkbox"/> Verlegung der Trachealkanüle durch _____ <input type="checkbox"/> Sonstige: _____	
	<input type="checkbox"/> akzidentelle Dekanülierung <input type="checkbox"/> subkutan nach außerhalb der Trachea <input type="checkbox"/> vollständige Dekanülierung	<input type="checkbox"/> auf Selbstdekanülierung zurückzuführen <input type="checkbox"/> auf Lagerungsmaßnahmen zurückzuführen <input type="checkbox"/> auf _____ zurückzuführen <input type="checkbox"/> unbekannt
Methode:	<input type="checkbox"/> ohne Hilfsmittel <input type="checkbox"/> mit Führungsstab <input type="checkbox"/> mit Bronchoskop <input type="checkbox"/> Sonstige: _____ <input type="checkbox"/> Xylocaingel <input type="checkbox"/> Propofol <input type="checkbox"/> Midazolam <input type="checkbox"/> Ketamin <input type="checkbox"/> Opiat <input type="checkbox"/> Sonstige: _____	
Verlauf:	Patientenzustand während Rekanülierung/Wechsel:	
<input type="checkbox"/> unproblematischer Wechsel	<input type="checkbox"/> unverändert	
<input type="checkbox"/> mechanisches Problem	<input type="checkbox"/> Blutung	
<input type="checkbox"/> Rekanülierung mit gleicher Kanülengröße gegen Widerstand	<input type="checkbox"/> gering (keine Therapie, keine Konsequenz)	
<input type="checkbox"/> Rekanülierung mit kleinerer Kanülengröße	<input type="checkbox"/> stark (keine kausale Therapie notwendig, Behinderung der Sicht oder Aspiration von Blut)	
<input type="checkbox"/> Rekanülierung mit kleinerer Kanülengröße gegen Widerstand möglich	<input type="checkbox"/> sehr stark (Blutstillung erforderlich [OP, Kauterisation, kompressiver Verband, Gerinnungsprodukte o.Ä.])	
<input type="checkbox"/> keine Rekanülierung möglich	<input type="checkbox"/> respiratorische Komplikation	
<input type="checkbox"/> orale/nasale Intubation	<input type="checkbox"/> Sättigungsabfall <90% / <80% / <70% / <60%	
<input type="checkbox"/> Dekanülierung akzeptiert	<input type="checkbox"/> Maskenbeatmung erforderlich	
<input type="checkbox"/> Sonstiges: _____	<input type="checkbox"/> Verlegung der Atemwege durch _____ mit der Notwendigkeit einer Bronchoskopie	
	<input type="checkbox"/> kardiozirkulatorische Komplikation	
	<input type="checkbox"/> Tachykardie ≥ 100 / ≥ 120 / ≥ 140 min ⁻¹ / VT / KF	
	<input type="checkbox"/> Bradykardie <60 / <50 / <40 / Asystolie	
	<input type="checkbox"/> Hypertension RR syst. ≥ 160 / ≥ 180 / ≥ 200 mmHg	
	<input type="checkbox"/> Hypotension RR syst. <90mmHg aber ≥ 50 mmHg	
	<input type="checkbox"/> Hypotension RR syst. <50mmHg oder Pulslosigkeit	
	<input type="checkbox"/> Herzdruckmassage <input type="checkbox"/> mit Defibrillation	
	<input type="checkbox"/> Pacer	
	<input type="checkbox"/> Medikamente (falls zum Wechsel appliziert)	
	<input type="checkbox"/> Adrenalin <input type="checkbox"/> _____	
	<input type="checkbox"/> Atropin <input type="checkbox"/> _____	
	<input type="checkbox"/> _____ <input type="checkbox"/> _____	
	<input type="checkbox"/> Sonstiges: _____	
	<input type="checkbox"/> Tod (falls durchgeführt: alle Maßnahmen/Komplikationen ankreuzen)	

NACHUNTERSUCHUNG:

Am ____ Tag post akzeptierter Dekanülierung

weiterhin dekanüliert – Spontanatmung

weiterhin dekanüliert – NIV

orale/nasale Intubation ____ Tag p. akz. Dek.

Tod ____ Tag post akzeptierter Dekanülierung

12 DANKSAGUNG

An erster Stelle gilt mein Dank meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Christian Waydhas für seine wissenschaftliche und methodische Unterstützung während aller Phasen meiner Dissertation. Gleich beim ersten Telefonat am 26. November 2015 weckte Prof. Waydhas mein Interesse, eine klinische Studie zu Komplikationen von Tracheostomien gemeinsam mit ihm und zwei Oberärzten der Klinik durchzuführen. Schon am 16. Dezember 2015 fand ein Gespräch mit ihm und PD Dr. med. Mirko Aach und Dr. med. Uwe Hamsen statt. Auch ihnen gilt mein Dank, denn auch sie standen mir ebenso wie Prof. Waydhas stets mit Rat und Tat zur Seite. Jedes Mal, wenn ich zur Datenerhebung im Berufsgenossenschaftlichen Universitätsklinikum Bergmannsheil war, habe ich mindestens einen der drei persönlich angetroffen – diesen direkten Draht habe ich sehr geschätzt. Herrn Prof. Dr. med. Thomas A. Schildhauer gilt mein Dank, denn ohne sein Einverständnis in der Chirurgischen Universitätsklinik des Berufsgenossenschaftlichen Universitätsklinikums Bergmannsheil Bochum Daten erheben zu dürfen, hätte es meiner Arbeit an Substanz gefehlt. Nicht zuletzt danke ich den Pflegekräften und Ärzten des Berufsgenossenschaftlichen Universitätsklinikums Bergmannsheil für die aufmunternden Worte, das tatkräftige Anpacken und ihre Geduld mit mir. Meiner Familie und meinen Freunden danke ich für ihre unendliche Geduld und ihren ermunternden Zuspruch während der Arbeit an dieser Dissertation und für die akribische Durchsicht des Werkes.

13 LEBENSLAUF

Der Lebenslauf ist in der Online-Version aus Gründen des Datenschutzes nicht enthalten