

UNIVERSITÄTSKLINIKUM ULM

Klinik für Anästhesiologie

Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. Dr. med. h. c. Michael Georgieff

**Die dilatative Tracheotomie auf der  
anästhesiologischen Intensivstation**

**Retrospektive Analyse von Daten der Jahre  
2003 bis 2006**

**Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin der  
Medizinischen Fakultät der Universität Ulm**

Lars Karl Eberhardt  
geboren in Sindelfingen

2008

Amtierender Dekan: Prof. Dr. med. Klaus-Michael Debatin

1. Berichterstatter: PD Dr. med. Karl Träger

2. Berichterstatter: PD Dr. med. Dieter Woischneck

Tag der Promotion: 15.05.2009

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>ii</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Die intensivmedizinische Beatmung . . . . .	1
1.2 Die dilatative Tracheotomie . . . . .	2
1.3 Fragestellung der Dissertation . . . . .	6
<b>2 Material und Methoden</b>	<b>8</b>
2.1 Auswahl und Definition der zu bestimmenden Parameter . . . . .	8
2.2 Patientengut . . . . .	10
2.3 Datenquellen und -gewinnung . . . . .	11
2.4 Datenverarbeitung und statistische Auswertung . . . . .	14
2.5 Statistische Testung . . . . .	18
2.6 Grafiken, Literaturverwaltung und Textverarbeitung . . . . .	19
<b>3 Ergebnisse</b>	<b>21</b>
3.1 Charakteristika der dilatativ tracheotomierten Patienten . . . . .	21
3.2 Ergebnisse frühe vs. späte dilatative Tracheotomie . . . . .	25
3.3 Dosierung von Sedativa, Analgetika und Katecholaminen . . . . .	27
<b>4 Diskussion</b>	<b>34</b>
4.1 Eigene Ergebnisse im Vergleich zur Literatur . . . . .	34
4.2 Methodik . . . . .	51
4.3 Schlussfolgerungen . . . . .	54
<b>5 Zusammenfassung</b>	<b>58</b>
<b>6 Literaturverzeichnis</b>	<b>60</b>
<b>Danksagung</b>	<b>63</b>
<b>Lebenslauf</b>	<b>64</b>

# Abkürzungsverzeichnis

aHT	Arterielle Hypertonie
APACHE II	Acute Physiology And Chronic Health Evaluation: Intensivmedizinischer Score zur Erfassung der Erkrankungsschwere
ARDS	Acute Respiratory Distress Syndrome: Atemnot-Syndrom des Erwachsenen (deutsche Bezeichnung laut ICD-10)
ASA	American Society of Anaesthesiologists: Amerikanische Gesellschaft der Anästhesiologen
BMI	Body Mass Index
COPD	Chronic obstructive pulmonary disease: Chronisch-obstruktive Lungenerkrankung
d	SI-Abkürzung für Tag (day)
DRG	Diagnosis Related Groups: Diagnosebezogene Fallgruppen
FiO <sub>2</sub>	Fraktion des Sauerstoffs am inspiratorischen Atemgasgemisch (Volumenprozent)
Hb	Hämoglobin, gebraucht im Sinne von Hämoglobinkonzentration im Vollblut
HE	Haupterkrankung
ICU	Intensive care unit: Intensivstation
IS-H*MED	Zentrales Patientenmanagement- und Dokumentationssystem der Universitätskliniken Ulm, programmiert und vertrieben von SAP
KHK	Koronare Herzkrankheit
LOS	Length of stay: Aufenthaltsdauer, Liegedauer
MI	Myokardinsuffizienz, nur in Tabellen verwendet
n	Anzahl
OP	Operation oder – je nach Kontext – Operationssaal
p	Probability: Hier verwendet für die Überschreitungswahrscheinlichkeit bei statistischen Tests
PaO <sub>2</sub>	Sauerstoffpartialdruck im arteriellen Vollblut
pAVK	Periphere arterielle Verschlusskrankheit
PDT	Percutaneous dilatational tracheostomy: Perkutane dilatative Tracheotomie
PJ	Praktisches Jahr
RASS	Richmond Agitation/Sedation Scale: Eine Skala zur Objektivierung des Sedierungsgrades
SAP	SAP Aktiengesellschaft, Walldorf, Bundesrepublik Deutschland

SAPS II	Simplified Acute Physiology Score: Intensivmedizinischer Score zur Erfassung der Erkrankungsschwere
SAS	Sedation/Agitation Scale: Skala zur Objektivierung des Sedierungsgrades
SEDIC	Eine Skala zur Objektivierung des Sedierungsgrades
SOFA	Sequential Organ Failure Assessment Score: Intensivmedizinischer Score zur Erfassung der Schwere eines Multiorganversagens
SQL	Structured Query Language (ursprünglich): Programmiersprache zum Programmieren von Abfragen in verschiedenen relationalen Datenbanksystemen
TM	Trademark: Eingetragenes Warenzeichen
VE	Vorerkrankung
vs.	Versus: gegenübergestellt
w	Weiblich

# 1 Einleitung

## 1.1 Die intensivmedizinische Beatmung

Die maschinelle Beatmung ist ein wichtiger Bestandteil der intensivmedizinischen Therapie. Die Vielzahl der Indikationen für den Einsatz von maschinellen Atemhilfen wird unterteilt in Störungen, die zu einer Hypoventilation führen und solche, denen Gasaustauschstörungen zugrunde liegen. Zur Hypoventilation führen einerseits zentralnervöse Störungen (Schädel-Hirn-Traumen, Tumoren, Infektionen, Intoxikationen, Narkotika), andererseits vielseitige periphere Ursachen wie Nerven- und Muskelläsionen. Die Gasaustauschstörungen werden hauptsächlich durch Erkrankungen des Lungenparenchyms mit gestörtem Ventilations-Perfusions-Verhältnis und bzw. oder Ausbildung von Rechts-Links-Shunts bedingt.

Aufgabe der maschinellen Beatmung ist es, die Zeit zu überbrücken, bis die Rückkehr zu einer suffizienten Eigenatmung oder die Wiederherstellung der Gasaustauschfunktion möglich ist. Dabei ist das Ziel die Adaptierung der Atemhilfe an die Bedürfnisse des Patienten. Hierfür stehen eine Vielzahl von verschiedenen Beatmungsmodi mit unterschiedlichen Steuerungs- und Kontrollmechanismen sowie verschiedene Zugangswege zur Verfügung.

### 1.1.1 Zugangswege

Die orotracheale Intubation stellt meist den primär verwendeten Zugangsweg für die maschinelle Beatmung dar. Sie ist schnell und mit geringem Aufwand durchführbar und hat bei kurzer Verweildauer verhältnismäßig geringe Komplikationsraten. Mit zunehmender Verweildauer des orotrachealen Tubus nehmen jedoch auch die Komplikationen zu, beispielsweise Stimmband- und Rachenläsionen, Tracheomalazie und beatmungsassoziierte Pneumonie. Die Mundpflege gestaltet sich mit orotracheal einliegendem Tubus langfristig schwierig, was möglicherweise mit den vorgenannten Komplikationen im Zusammenhang steht. Zudem tolerieren nur wenige Patienten einen orotrachealen Tubus ohne zusätzliche Analgosedierung.

Eine Möglichkeit zur Umgehung stellt die nasotracheale (Um-)Intubation dar. Sie gestattet verbesserte Mundpflege. Jedoch wird auch ein Nasotrachealtubus ohne zusätzliche Analgosedierung meist nicht toleriert, darüber hinaus entsteht ein vergleichsweise höherer Atemwegswiderstand bei oftmals geringerem Tubusdurchmesser als bei der orotrachealen Intubation und das Risiko einer Sinusitis nimmt durch nasotracheale Intubation zu.

Ein aktuelles Lehrbuch der Anästhesie und Intensivmedizin [3] konstatiert: „Um bei

Langzeitbeatmung eine schnellere Respiratorentwöhnung zu erreichen, wird oftmals eine Tracheotomie durchgeführt. Die Vorteile der Tracheotomie sind eine verbesserte Sekretabsaugung, eine Reduktion des Atemwegswiderstands, die verbesserte Mundpflege und der geringere Bedarf an Analgosedierung (bedingt durch die bessere Toleranz des Atemwegszugangs).“ Zusätzlich wird als Vorteil der Tracheotomie eine bessere Fixierbarkeit der Trachealkanüle und damit verbesserter Schutz vor Atemwegsverlust genannt.

Zur Tracheotomie stehen (klassische) chirurgische Tracheotomietechniken sowie perkutane dilatative Techniken zur Verfügung.

## **1.2 Die dilatative Tracheotomie**

### **1.2.1 Grundlegendes**

Die perkutane dilatative Tracheotomie wurde in den Jahren ab 1985 durch Ciaglia et al. [4] etabliert und wird weltweit zunehmend bei intensivmedizinischen Patienten, bei denen eine längere Beatmungsdauer absehbar ist, eingesetzt. Die Technik wurde im Laufe der Jahre sowohl von Ciaglia et al. als auch von anderen Arbeitsgruppen weiterentwickelt. Beispielsweise fanden Flaatten et al. für ihr gemischtes Intensiv-Patientenkollektiv heraus, dass die Zahl der dilatativen Tracheotomien von 15,4 % im Jahr 1997 auf 19,7 % aller aufgenommenen Intensivpatienten im Jahr 2003 zugenommen hat [7].

### **1.2.2 Dilatative vs. chirurgische Tracheotomie**

Für eine perkutane dilatative Tracheotomie sprechen im Vergleich zur konventionellen chirurgischen Tracheotomie die unter anderen von Gründling und Quintel [13] zusammengefassten möglichen Vorteile:

- geringeres Blutungsrisiko
- weniger Infektionen
- einfache bettseitige Durchführung, kein Transport in den Operationsaal
- geringerer Personal- und Materialaufwand
- bessere kosmetische Ergebnisse
- geringerer Zeitaufwand

Darüber hinaus sprechen weitere Überlegungen für die dilatative Tracheotomie:

- einfachere und schnellere Reversibilität der Tracheostomie, keine erneute Operation zum Tracheostomaverschluss notwendig
- Unabhängigkeit der Planung von OP-Terminen und -Kapazitäten (bei Durchführung auf der Intensivstation)
- Entfallen des OP-Transports und des damit verbundenen Transportrisikos

Alle genannten Vorteile sind ebenso wie die Komplikationshäufigkeit und -schwere nach wie vor Gegenstand der Diskussion. Drei wichtige Metaanalysen kommen zu teilweise widersprüchlichen Schlüssen: „Die perkutane Tracheostomie ist mit einer höheren Prävalenz an perioperativen Komplikationen und besonders perioperativen Todesfällen sowie kardiorespiratorischen Stillständen assoziiert. Die postoperativen Komplikationsraten sind bei der chirurgischen Tracheotomie höher“, schlussfolgern Dulguerov et al. [6]. Dagegen folgern Freeman et al.: „Unsere Metaanalyse dieser Studien deutet auf potentielle Vorteile der PDT relativ zur chirurgischen Tracheostomie hin, einschließlich Einfachheit der Durchführung sowie geringerer Inzidenz von peristomaler Blutung und postoperativer Infektion“ [9]. Higgins und Punthakee kommen letztlich zu dem Schluss: „Unsere Metaanalyse stellt dar, dass es keinen deutlichen Unterschied, jedoch einen Trend hin zu weniger Komplikationen bei perkutanen Techniken gibt. Perkutane Tracheotomien sind kosteneffektiver und warten mit einer besseren Durchführbarkeit im Hinblick auf die Verfügbarkeit am Patientenbett und nicht-chirurgische Operation auf“ [14]. Ein Vergleich der einzelnen Studien gestaltet sich schwierig, da zum Teil unterschiedliche Techniken der dilatativen Tracheotomie verwandt wurden und sich die Patientenkollektive zwischen den Studien unterschieden.

Zur dilatativen Tracheotomie stehen derzeit drei grundlegende Techniken zur Verfügung. Die Methoden nach Ciaglia bzw. Fantoni sind Techniken, bei denen perkutan dilatiert wird, während die Methode nach Griggs eine Spreiztechnik mit einer speziellen Spreizzange darstellt. Vielerorts wird auch die Schraubdilataion nach Frova [10] (Handelsname PercuTwist<sup>®</sup>) verwendet. Bei allen Techniken wird zu Beginn die Trachea punktiert und ein Draht in Seldingertechnik eingeführt.

Die bekannten akuten Komplikationen der dilatativen Tracheotomie sind:

- Verletzung der Trachea-Hinterwand
- Blutung
- Wundinfektion
- Ruptur von trachealen Knorpelspangen
- von der Medianlinie abweichende Punktion



Ein heute obligates Sicherheitsinstrument zur Vermeidung dieser Komplikationen ist die bronchoskopische Kontrolle der gesamten Intervention. Als Spätkomplikation ist das Auftreten von Trachealstenosen zu nennen. Diese treten sowohl nach chirurgischen als auch nach dilatativen Tracheotomien auf. Die Häufigkeiten wurden in der Literatur mit einer Rate von 3 bis 12 Prozent bei chirurgischen [2] und 2,9 bis 5,4 Prozent bei dilatativen Tracheotomien [16] beziffert.

Aus diesen möglichen Komplikationen ergeben sich auch die Kontraindikationen für eine dilatative Tracheotomie. Diese können zusammenfassend angegeben werden:

- Schwierige anatomische Verhältnisse (sehr kurzer Hals, Trachealdeviation, Halswirbelfrakturen, Verdrängung der Trachea, beispielsweise durch einen Tumor)
- nicht sichere Identifizierung der trachealen Strukturen
- schwere Gerinnungsstörungen
- Hautinfektion an der Punktionsstelle
- schwieriger Atemweg, zu erwartende Probleme bei einer möglicherweise notwendigen oralen oder nasalen Intubation.

Unter Beachtung dieser Voraussetzungen und Kontraindikationen gilt die dilatative Tracheotomie derzeit als sichere Methode. Dessen ist sich die internationale Literatur größtenteils einig. Sie hat sich daher als Standardmethode etabliert.

### **1.2.3 Indikation, Zeitpunkt und Ergebnisse**

Wie zu Beginn beschrieben, wird die dilatative Tracheotomie im intensivmedizinischen Bereich vor allem bei Patienten eingesetzt, die voraussichtlich über einen längeren Zeitraum von mechanischer Ventilation abhängig sein werden. Ab welcher voraussichtlichen Beatmungsdauer dilatativ tracheotomiert werden sollte, ist immer noch Gegenstand der Diskussion. Rumbak et al. [22] nahmen beispielsweise Patienten mit einer voraussichtlichen Beatmungsdauer von mehr als 14 Tagen in ihre Studie über den Zeitpunkt der Tracheotomie auf. Diese Definition der längeren Beatmungsdauer ( $\geq 14$  Tage) wurde mittlerweile von einigen Autoren übernommen, während die Empfehlungen des American College of Chest Physicians aus dem Jahr 1989 [21] eine Tracheotomie erst ab einer voraussichtlichen Beatmungsdauer von 21 Tagen vorsehen und bei einer voraussichtlichen Beatmungsdauer zwischen 10 und 21 Tagen dem behandelnden Arzt die Entscheidung überlassen.

Bislang am wenigsten eindeutig geklärt ist die Frage, zu welchem Zeitpunkt man tracheotomieren sollte. Schon über die Definition dessen, was eine frühe und was eine späte Tracheotomie ist, herrscht kein Konsens. Die Definitionen variieren zwischen 2 und

21 Tagen nach verschiedenen Bezugspunkten. Hierzu seien einige Beispiele genannt. Die retrospektive Studie von Flaatten et al. [7] verwendet den Median des Tracheotomiezeitpunkts (hier: 6. Tag nach Aufnahme) als Grenze für die Unterscheidung zwischen früher und später Tracheotomie. Möller et al. [18] definierten die Tracheotomie als früh, wenn sie vor oder am 7. Tag nach Intubation stattfand, als spät, wenn sie nach dem 7. Tag stattfand. Eine besonders vielzitierte Arbeit von Rumbak et al. [22] umschreibt die frühe Tracheotomie innerhalb von 48 Stunden, die späte zwischen dem 14. und 16. Tag. Eine weitere Arbeit von Hsu et al. [15] definiert die frühe Tracheotomie vor dem 21. Tag nach Intubation, die späte nach dem 21. Tag. Die Studie von Sugerman et al. [23], welche noch zum Vergleich genannt werden soll, definiert die frühe Tracheotomie zwischen dem 3. und 5. Tag nach Intubation, die späte zwischen dem 10. und 14. Tag. Barquist et al. [1] beschrieben für ihre Studie die frühe Tracheotomie vor dem 8. Tag und die späte Tracheotomie nach dem 28. Tag nach Verletzung.

In der Beurteilung, ob eine, je nach Definition, eher frühe oder eher späte Tracheotomie favorisiert werden sollte, sind sich die vorgenannten Studien ebenfalls uneins.

Flaatten et al. [7] favorisieren die frühe Tracheotomie, da die frühe Gruppe eine kürzere Dauer des Intensivaufenthalts (6,8 gegenüber 12,7 Tage) und eine verringerte Beatmungsdauer (4,7 gegenüber 14,7 Tage) aufwies. Möller et al. [18] empfehlen ebenfalls eine frühe Tracheotomie, da die frühe Gruppe eine signifikant geringere Krankenhausaufenthaltsdauer, Intensivaufenthaltsdauer, Beatmungsdauer und Pneumonierate aufwies. Bei Rumbak et al. [22] zeigte sich in der frühen Gruppe eine signifikant geringere Letalität, Pneumonierate, Intensivaufenthaltsdauer und Beatmungsdauer. Akzidentelle Verluste des Atemwegszugangs waren in der frühen Gruppe seltener. Bei Hsu et al. [15] war eine späte Tracheotomie mit einer geringeren Erfolgsrate des Weanings assoziiert. Zwei Arbeitsgruppen fanden hingegen keine signifikanten Unterschiede zwischen der frühen und der späten Gruppe bei den primären Kriterien Intensivaufenthaltsdauer, Pneumonie und Letalität [23], bzw. Beatmungsdauer, Pneumonie und Letalität [1].

Zusammenfassend zeigt die uneinheitliche Studienlage zum Outcome, dass der Zeitpunkt der Tracheotomie bislang einer für jeden Patienten individuellen Entscheidung der behandelnden Ärzte bedarf.

#### **1.2.4 Dosierung von Sedativa, Analgetika und Katecholaminen**

Anhand praktischer Überlegungen wurde von einigen Autoren [19, 3, 22, u. a.] beschrieben, dass eine Tracheotomie bei beatmungspflichtigen Patienten die Dosen von Sedativa, Analgetika und Katecholaminen beeinflussen könnte. Die Vermutungen basieren einerseits auf der Überlegung, dass eine Trachealkanüle im Gegensatz zu einem translaryngealen Tubus kaum Husten- oder Würgereflex auslöst und daher von den Patienten auch mit weniger Analgosedierung toleriert werden kann, womit auch die

blutdrucksenkenden Nebenwirkungen der Sedativa verringert werden oder entfallen, was wiederum eine Reduktion der Katecholamingabe ermöglicht. Dass aufgrund des im Vergleich zu einem translaryngealen Tubus größeren Innendurchmessers und der geringeren Länge der Trachealkanüle der Strömungswiderstand geringer ist, erscheint unter Beachtung des Gesetzes von Hagen und Poiseuille logisch. Die weiter aboral gelegene Insertion der Trachealkanüle lässt einen verringerten anatomischen und physiologischen Totraum vermuten. Dies führt darüber hinaus zu folgender Überlegung: Durch die geringere Behinderung des venösen Rückstroms aufgrund reduzierter Beatmungsdrucke wird die Vordehnung und somit die Auswurfleistung des rechten Herzens verbessert. Dies führt möglicherweise wiederum dazu, dass die verringerte Auswurfleistung weniger durch positiv inotrope Medikation ausgeglichen werden muss.

Zwei neuere Studien befassten sich retrospektiv mit den Dosierungen von Medikamenten zur Analgosedierung vor und nach der Tracheotomie und kamen zu widersprüchlichen Ergebnissen. Von der niederländischen Arbeitsgruppe [24] wurde festgestellt: „In unserer Intensivstation wurde der Sedierungsbedarf nach Tracheotomie nicht weiter reduziert. Der Sedierungsbedarf sank bereits vor der Durchführung der Tracheotomie deutlich ab.“ Die Französische Arbeitsgruppe [19] hingegen beschreibt einen deutlichen Rückgang des Bedarfs an Fentanyl und Midazolam nach der Tracheotomie und eine verbesserte Mobilisierbarkeit der Patienten.

Mithin herrscht auch hier bislang kein Konsens über die möglichen Vor- und Nachteile der Tracheotomie auf der Intensivstation. Arbeiten, die sich ausdrücklich mit der Dosierung von Katecholaminen im Verlauf vor und nach einer Tracheotomie befassten, konnten im Rahmen der Literaturrecherche keine gefunden werden.

## 1.3 Fragestellung der Dissertation

Aus den bisherigen Ausführungen ergibt sich eine Reihe von Fragestellungen, welche für die klinische Praxis der anästhesiologischen Intensivstation des Ulmer Universitätsklinikums (im Folgenden der Kürze halber „unsere Intensivstation“ genannt) zurückblickend von Interesse sind.

- Wie viele der Intensivpatienten wurden tracheotomiert?
- Nach welchem Zeitraum nach Aufnahme auf unserer Intensivstation wurde tracheotomiert?
- Welche Patienten auf unserer Intensivstation wurden eher früh, welche eher spät tracheotomiert? Gibt es Unterschiede bezüglich der demographischen Daten, der operativen Aufnahmegründe auf die Intensivstation, der Vorerkrankungen oder der Erkrankungsschwere?

- Wie war das Outcome der dilatativ tracheotomierten Patienten auf unserer Intensivstation? Wie häufig traten Komplikationen auf?
- Gab es Unterschiede im Outcome zwischen den früh und den spät tracheotomierten Patienten? Welche der teilweise widersprüchlichen Ergebnisse aus der Literatur hierzu können wir anhand unserer eigenen Daten nachvollziehen?
- Konnten auf unserer Intensivstation nach einer Tracheotomie die Dosen von Sedativa, Analgetika und bzw. oder Katecholaminen reduziert werden? Wie stellt sich der Dosierungsverlauf der Medikamente vor und nach der dilatativen Tracheotomie dar?

Diese Fragestellungen sollen im Folgenden bearbeitet und diskutiert werden.

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Auswahl und Definition der zu bestimmenden Parameter**

Die im Folgenden aufgezählten und näher erläuterten Parameter wurden ausgewählt, da sie einerseits aus den vorhandenen Patientendaten, Kurven und Verordnungsbögen erhebbar waren, andererseits auch in der Vergleichsliteratur verwendet wurden.

#### **2.1.1 Charakteristika der dilatativ tracheotomierten Patienten**

##### **Allgemeine Charakteristika**

Gemäß der Fragestellung sollte unter allen tracheotomierten Patienten untersucht werden:

- die Anzahl der dilatativ tracheotomierten Patienten im Verlauf der Jahre 2003 bis 2006
- der Anteil der dilatativ tracheotomierten Patienten an allen Aufnahmen im untersuchten Zeitraum
- die Zeitdauer von Aufnahme auf die Intensivstation bis zur Tracheotomie

##### **Charakteristika frühe vs. späte dilatative Tracheotomie**

Flaatten et al. [7] definierten für ihre Retrospektivstudie den Median der Zeitdauer von Aufnahme bis dilatativer Tracheotomie als Scheidepunkt zwischen früher und später Tracheotomie. Diese Definition der frühen bzw. späten Tracheotomie erschien praktikabel und leicht verständlich. Zudem ermöglichte eine ähnliche Definition einen Vergleich. Aus diesen Gründen sollte auch in dieser Arbeit so verfahren werden, dass eine frühe Tracheotomie als solche definiert wurde, die spätestens an dem Tag nach Aufnahme stattgefunden hatte, an dem der Median der Patienten tracheotomiert worden war. Es sollten für die Bearbeitung der Fragestellung folgende Parameter erhoben und auf Unterschiede zwischen den Gruppen mit früher und später dilatativer Tracheotomie untersucht werden:

- Alter
- Geschlecht

- Body-Mass-Index
- die zuweisenden Fachbereiche Allgemein-, Gefäß-, Thorax-, Unfall- und Neurochirurgie
- die primären OP-Indikationen Notfall- vs. Elektiv-OP
- die Vorerkrankungen KHK, pAVK, Myokardinsuffizienz, arterielle Hypertonie, Asthma bronchiale, COPD, Diabetes mellitus sowie sonstige schwere systemische Vorerkrankungen (Tumorerkrankungen, Nieren- oder Leberinsuffizienz, andere Kardiorespiratorische Erkrankungen, neurologische Störungen)
- die Zahl der Vorerkrankungen
- die Unterscheidung chronischer bzw. akuter Haupterkrankung
- die klinischen Scores SAPS II und SOFA am Tag der Tracheotomie
- das Vorliegen eines positiven mikrobiologischen Befundes aus Trachealsekret oder Sputum im Zeitraum zwischen 3 Tagen vor bis 3 Tagen nach Tracheotomie

Der zeitliche Unterschied des Tracheotomiezeitpunkts zwischen der frühen und der späten Gruppe sollte beziffert werden.

## **2.1.2 Outcome frühe vs. späte dilatative Tracheotomie**

### **Zielgrößen für das Outcome**

Es sollte untersucht werden, ob sich im Hinblick auf das Outcome der frühen gegenüber der späten dilatativen Tracheotomiegruppe Unterschiede fanden. Das Outcome sollte anhand folgender Parameter gemessen werden:

- Liegedauer auf der Intensivstation
- Mortalität während des Intensivaufenthalts
- Weaning-Dauer, definiert als Zeit zwischen der dilatativen Tracheotomie und der Dekanülierung bei den auf der Intensivstation dekanülierten Patienten
- perioperative Komplikationshäufigkeit der dilatativen Tracheotomie
- Anteil der während des Intensivaufenthalts erfolgreich dekanülierten Patienten
- Zahl der fehlgeschlagenen Weaning-Versuche, gemessen an der Zahl der rekanülierten Patienten

### **2.1.3 Dosierung von Sedativa, Analgetika und Katecholaminen**

Auf der anästhesiologischen Intensivstation der Universitätsklinik Ulm (im Folgenden kurz: unsere Intensivstation) werden zur Alalgosedierung in der Regel die Wirkstoffe Propofol, Midazolam und Sufentanil verwendet, für die Kreislaufstabilisierung Noradrenalin. Für diese Wirkstoffe sollten daher die gewichtsadaptierten Tagesdosen für jeden Patienten erhoben und ausgewertet werden,

- im Verlauf 3 Tage vor bis 3 Tage nach der dilatativen Tracheotomie
- im Vergleich zwischen dem über die 3 Tage vor der Tracheotomie gemittelten Wert zum über die 3 Tage nach der Tracheotomie gemittelten Wert.

## **2.2 Patientengut**

In die retrospektive Betrachtung wurden alle Patienten eingeschlossen, die in den Jahren 2003 bis einschließlich 2006 auf der anästhesiologischen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm am Safranberg aufgenommen und dort tracheotomiert worden waren. Das Patientengut setzte sich aus postoperativen Patienten der Fachbereiche Allgemein-, Gefäß-, Thorax-, Unfall- und Neurochirurgie sowie – seltener – aus von externen Krankenhäusern zuverlegten Patienten, welche teilweise auch an internistischen Grunderkrankungen litten, zusammen. Alle untersuchten Patienten erhielten eine perkutane dilatative Tracheotomie nach Frova (Handelsname PercuTwist®). Seit Dezember 1999 waren alle durchgeführten dilatativen Tracheotomien von den durchführenden Ärzten in einer einzigen gemeinsamen Excel™-Tabelle dokumentiert worden. Die Jahre 2003 bis 2006 wurden für die Auswertung herangezogen, da in dieser Zeitspanne von annähernd allen Patienten Daten zu klinischen Scores in der abteilungsinternen Datenbank sowie eingescannte Verordnungsbögen im klinikumsweiten Datenbanksystem IS-H\*MED verfügbar waren.

Für die einzelnen Fragestellungen wurde die Auswahl der relevanten Patientendaten dann näher eingeschränkt.

### **2.2.1 Ethikkommission und Datenschutz**

Da es sich bei der vorliegenden Arbeit um eine retrospektive Analyse handelt und zu den Patienten und deren behandelnden Ärzten kein Kontakt aufgenommen wurde, hatte das Forschungsvorhaben keinen Einfluss auf die Behandlung oder das Befinden der Patienten. Somit war ein Antrag bei der Ethikkommission nicht obligat. Eine Genehmigung des Datenschutzbeauftragten zur Verwendung der Klinikdaten zu Forschungszwecken lag vor.

## 2.3 Datenquellen und -gewinnung

### 2.3.1 Excel™-Tabelle

Alle dilatativen Tracheotomien, die im betrachteten Zeitraum auf der anästhesiologischen Intensivstation durchgeführt worden waren, wurden von den durchführenden Ärzten in einer gemeinsamen Excel™-Tabelle dokumentiert. Diese Tabelle enthielt zu jeder der durchgeführten dilatativen Tracheotomien die folgenden Daten:

- Laufende Nummer der dilatativen Tracheotomie
- Nachname, Vorname sowie Geburtsdatum des jeweiligen Patienten
- Datum der dilatativen Tracheotomie
- Name des durchführenden Arztes
- angewandtes dilatatives Tracheotomieverfahren (im untersuchten Zeitraum ausschließlich PercuTwist®)
- Komplikationen (in Form einer Freitexteingabe)

### 2.3.2 Abteilungsinterne Oracle®-Datenbank

Es existiert seit dem Jahr 2000 eine abteilungsinterne Oracle®-Datenbank, in welcher die Patientendaten der anästhesiologischen Intensivstation für den internen Gebrauch eingepflegt werden. Ärzte, PJ-Studenten und Pflegekräfte geben hier täglich eine Vielzahl von Daten, von Aufnahmedatum und Aufnahmezustand über Diagnosen, einzelne Prozeduren und Verlaufsbeschreibungen bis hin zur Entlassung oder dem Versterben des Patienten, ein. Zur Eingabe dient eine auf den stationsinternen Computern installierte Access™-Eingabemaske, welche mit der Oracle®-Datenbank verbunden ist. Die Eingabemaske ist so programmiert, dass grobe Eingabefehler und fehlende Daten weitestgehend vermieden werden, da die Eingabe in solchen Fällen entweder überhaupt nicht angenommen wird oder ein Dialog erscheint, der den Eingebenden zur Überprüfung der Daten auffordert.

Einige der patientenbezogenen Daten, die in der abteilungsinternen Datenbank erfasst worden waren, wurden für die hier behandelte retrospektive Analyse verwendet. Diese sind im Folgenden aufgezählt:

- Geschlecht
- Datenbank-Fallnummer der abteilungsinternen Datenbank und Fallnummer im Klinikumsweiten Verbund (IS-H\*MED)



- Körpergewicht und Körpergröße
- Aufnahme- und Entlassungsdatum
- Beatmungsmodi jeweils 5 Tage vor bis 5 Tage nach der dilatativen Tracheotomie als Textvariable, täglich als vorformierte Textbausteine erfasst.
- SAPS II-Scorewerte jeweils 5 Tage vor bis 5 Tage nach der dilatativen Tracheotomie als ganzzahlige Variable, täglich erfasst.
- SOFA-Scorewerte jeweils 5 Tage vor bis 5 Tage nach der dilatativen Tracheotomie als ganzzahlige Variable, täglich erfasst.

### 2.3.3 IS-H\*MED

IS-H\*MED ist das im gesamten Universitätsklinikum Ulm verwendete Dokumentations- und Organisations- sowie Archivsystem, in dem alle Anforderungen, Laborbefunde und Diagnosen ebenso gespeichert werden wie Daten für das Patientenmanagement und die Abrechnung mit den Krankenkassen. Insbesondere wird das System seit einigen Jahren auch als elektronisches Archiv genutzt, indem die ursprünglich in Papierform vorhandenen Verordnungsbögen, Patientenkurven und Pflegedokumentationsbögen eingescannt und in das System eingepflegt werden. Letztere Funktion ist für die Durchführung dieser Betrachtung von Interesse, da, soweit verfügbar, aus den eingescannten Akten folgende Daten zu jedem der dilatativ tracheotomierten Patienten manuell heraus gelesen wurden:

- Absolute Tages-Gesamtdosen der Sedativa Propofol und Midazolam aus den Intensiv-Patientenkurven
- Absolute Tages-Gesamtdosen des Analgetikums Sufentanil aus den Intensiv-Patientenkurven
- Absolute Tages-Gesamtdosen des Katecholamins Noradrenalin aus den Intensiv-Patientenkurven
- Vorhandensein jeder der folgenden Vorerkrankungen: COPD, KHK, Herzinsuffizienz, Asthma bronchiale, Diabetes mellitus, arterielle Hypertonie, pAVK und sonstige schwere systemische Vorerkrankungen (von den zuvor definierten traten fast ausschließlich Tumorerkrankungen und chronische Niereninsuffizienz auf) sowie die Unterscheidung zwischen akuter oder chronischer Haupterkrankung aus den Arztbriefen und Verlegungsberichten
- Operationsfachgebiet der im Rahmen desselben Krankenhausaufenthaltes stattgehabten Operationen vor Aufnahme auf die anästhesiologische Intensivstation

(Abdominal-, Gefäß-, Thorax-, Unfall-, Neurochirurgie) oder die Zuverlegung aus einem anderen Krankenhaus aus den Arztbriefen und Verlegungsberichten sowie Prämedikationsprotokollen

- Unterscheidung zwischen Notfall- oder Elektivindikation zur Operation sowie ASA-Klassifikation zum Zeitpunkt der Operation aus den Prämedikationsprotokollen
- Datum der Intubation und Zahl der im Verlauf vor der dilatativen Tracheotomie unternommenen Extubationsversuche mit Reintubation aus den Intensiv-Verlegungsberichten und Verlaufsprotokollen
- Zahl der im Verlauf nach der dilatativen Tracheotomie unternommenen Dekanülierungsversuche mit Redilatation aus den Intensiv-Verlegungsberichten und Verlaufsprotokollen
- Datum der Dekanülierung oder Vorhandensein der Trachealkanüle bei Entlassung aus den Intensiv-Verlegungsberichten und Arztbriefen
- Vorhandensein eines positiven mikrobiologischen Befundes der Atemwege im Zeitraum von 3 Tagen vor der dilatativen Tracheotomie bis 3 Tagen danach und Name der Keimspezies, soweit vorhanden, aus den elektronisch gespeicherten Laborbefunden.
- Tod des Patienten als dichotome Variable aus den Arztbriefen und Verlegungsberichten oder der elektronischen Entlassungsdokumentation im System.

### **2.3.4 Zusammenführung der Daten**

Zunächst wurden die oben genannten Daten aus der abteilungsinternen Datenbank zu den in der Excel<sup>TM</sup>-Tabelle der durchgeführten dilatativen Tracheotomien abgefragt. Die Zuordnung der Daten erfolgte, indem zunächst die Namen und Geburtsdaten der Patienten aus der Excel<sup>TM</sup>-Tabelle mit denen in der abteilungsinternen Datenbank abgeglichen wurden. Bei denjenigen Patienten, die mehrere Aufenthalte auf der Intensivstation aufwiesen, wurde derjenige Aufenthalt gewählt, bei dem das Datum der dilatativen Tracheotomie zwischen Aufnahme und Entlassung lag. Diese Excel<sup>TM</sup>-Tabelle wurde nun in eine neue Access<sup>TM</sup>-Datenbank importiert. Für die aus dem IS-H\*MED manuell herauszulesenden Daten wurden in dieser Access<sup>TM</sup>-Datenbank eigene Felddefinitionen hinzugefügt. Dann wurde eine Eingabemaske erstellt, die eine effiziente und übersichtliche Eingabe der Daten ermöglichte und zugleich die Eingaben auf Eingabefehler überprüfte. Die Plausibilitätsprüfung beinhaltete vor allem eine Datumskontrolle, ein einheitliches Datumsformat wurde vorgegeben, alle Daten mussten nach dem

Geburtsdatum liegen, das Tracheotomiedatum nach dem Aufnahmedatum. Des Weiteren musste das Körpergewicht zwischen 40 und 250 kg liegen (Ausschluss von groben Tippfehlern) und unverzichtbare Datenfelder durften nicht leer bleiben. Das Datenfeld „Geschlecht“ durfte nur die Werte „m“ oder „w“ beinhalten, die ASA-Klassifikation musste zwischen 1 und 5 liegen. Alle Felddefinitionen der Datenbank wurden im Sinne maximaler Datenintegrität der Art der Daten entsprechend angelegt. Ganzzahlige oder dichotome Variablen wurden gegenüber Textvariablen bevorzugt verwendet.

Es folgte die Recherche im IS-H\*<sup>MED</sup>. Alle noch nicht vorhandenen Daten wurden aus den entsprechenden Quellen heraus gelesen und in die neu erstellte Datenbank manuell eingegeben. Zusätzlich wurde nach jeder Eingabe jeder Datensatz noch einmal manuell auf Vollständigkeit und Plausibilität überprüft.

So entstand eine gemeinsame Datenbank, die alle in dieser Betrachtung verwendeten Daten beinhaltet und durch die Form der relationalen Datenbank ermöglichte, Abfragen und Berechnungen zu generieren, welche die spätere Verarbeitung vereinfachten und gegen typische Fehler bei der manuellen Datenverarbeitung resistent machten. Diese Datenbank enthielt schließlich die Daten zu insgesamt 248 Patienten.

## **2.4 Datenverarbeitung und statistische Auswertung**

Zunächst wurde eine Access<sup>TM</sup>-Abfrage erstellt, die dazu diente, die indirekten Größen zu berechnen. Aus dieser Abfrage wurden wiederum für die jeweiligen Fragestellungen Unterabfragen generiert, um die Patienten den Fragestellungen entsprechend zu selektieren. Die statistische Analyse der so gewonnenen Daten wurde mit SigmaStat für Windows, Version 3.00, durchgeführt. Die Art der Selektion und der weiteren Analyse wird im Folgenden im Bezug auf die Fragestellungen erläutert.

### **2.4.1 Allgemeine Charakteristika**

#### **Anzahl der dilatativ tracheotomierten Patienten im Zeitraum 2003 bis 2006**

Es wurden Unterabfragen erstellt, die die Zahl der tracheotomierten Patienten in jedem der Jahre 2003 bis 2006 ausgaben. Die Zahl der insgesamt aufgenommenen Patienten im jeweiligen Zeitraum wurde direkt aus der abteilungsinternen Datenbank abgefragt. Die Zahlen wurden dann im Vergleich absolut und als prozentuale Angaben dargestellt.

#### **Anzahl der dilatativ tracheotomierten Patienten an allen Aufnahmen**

Die Zahlen der tracheotomierten und aller aufgenommenen Patienten der Jahre 2003 bis 2006 wurden summiert und dann ebenfalls im Vergleich absolut und als prozentuale Angaben dargestellt.

## **Zeitdauer von Aufnahme bis Tracheotomie**

Mittels einer Access™-Abfrage wurde zunächst für jeden Patienten die Zeitdifferenz in Tagen zwischen Aufnahme bis zur dilatativen Tracheotomie berechnet. Daraus wurden mit Hilfe der deskriptiven Funktionen von SigmaStat der Median, die 1. und 3. Quartile sowie Minimum und Maximum bestimmt. Als Mittelwert wurde der Median gewählt, da im Patientenkollektiv einige wenige erst sehr spät tracheotomierte Patienten vorhanden waren, deren Tracheotomiezeitpunkte ein arithmetisches Mittel stark verfälscht hätten und da der Median als Unterscheidungskriterium im Weiteren zwischen der frühen und der späten Gruppe dienen sollte.

### **2.4.2 Charakteristika frühe vs. späte dilatative Tracheotomie**

Der Median der Zeitdauer von der Aufnahme bis zur dilatativen Tracheotomie betrug 7 Tage. Es wurde eine weitere errechnete Variable zu der Access™-Abfrage hinzugefügt, welche die dilatativ tracheotomierten Patienten in eine früh und eine spät tracheotomierte Gruppe einteilte. Zur früh tracheotomierten Gruppe (Gruppenvariable 1) wurden alle Patienten gezählt, bei denen die Zeitdifferenz zwischen Aufnahme und Tracheotomie kleiner oder gleich 7 Tage betrug. Zur spät tracheotomierten Gruppe (Gruppenvariable 2) wurden diejenigen gezählt, bei denen der Zeitraum mehr als 7 Tage betrug.

Nun wurden die der Fragestellung entsprechenden Charakteristika der Patienten für die frühe und die späte Gruppe getrennt wie folgt dargestellt:

- Das Alter zum Tracheotomiezeitpunkt im Median mit 1. und 3. Quartile
- Das Geschlecht als Anzahl der weiblichen Patienten, als absolute Anzahl in den Subgruppen und als Anteil an der frühen bzw. späten Subgruppe
- Der Body-Mass-Index im Median mit 1. und 3. Quartile
- Die OP-Gebiete (Allgemein-, Gefäß-, Thorax-, Unfall-, Kardio-, Neurochirurgie) oder die sonstige Aufnahmeindikation als absolute Anzahl der betroffenen Patienten und als Anteil an der frühen bzw. späten Subgruppe
- Die primäre OP-Indikation (Notfall- oder Elektiv-OP) absolut und als Anteil an der frühen bzw. späten Subgruppe
- Die Vorerkrankungen (KHK, pAVK, Myokardinsuffizienz, arterielle Hypertonie, Asthma bronchiale, COPD, Diabetes mellitus und sonstige) absolut und als Anteil an der frühen bzw. späten Subgruppe
- Die Zahl der Vorerkrankungen im Median mit 1. und 3. Quartile

- Die Häufigkeit der Klassifizierung chronischer oder akuter Haupterkrankungen, als absolute Anzahl der betroffenen Patienten und als Anteil an der frühen bzw. späten Subgruppe
- Die Scorewerte von SAPS II und SOFA im Median mit 1. und 3. Quartile
- Die Häufigkeit des Vorliegens eines positiven mikrobiologischen Befundes aus Atemwegssekret im Zeitraum zwischen 3 Tagen vor bis 3 Tagen nach Tracheotomie, als absolute Anzahl der betroffenen Patienten sowie als Anteil an der frühen bzw. späten Subgruppe.

Daraufhin wurde nur bei denjenigen Charakteristika, bei denen ein deutlicher Unterschied vorlag, statistisch getestet, ob dieser Unterschied nicht allein durch Zufall entstanden sein könnte. Welche Zielgrößen für die Testung ausgewählt wurden, wird im Ergebnisteil erläutert, da nur im Zusammenhang mit den Ergebnissen der Mittelwerte und Häufigkeiten ersichtlich ist, wo ein deutlicher Unterschied vorlag.

### **2.4.3 Outcome frühe vs. späte dilatative Tracheotomie und gesamt**

Für die Auswertung der Zielgrößen für das Outcome wurden weitere Access<sup>TM</sup>-Unterabfragen erstellt. Insbesondere wurden für die Liegedauer auf der Intensivstation, die Weaning-Dauer, den Anteil der dekanülierten Patienten und die Zahl der fehlgeschlagenen Weaning-Versuche die verstorbenen Patienten von der Betrachtung ausgeschlossen. Für die Auswertung der Weaning-Dauer wurden darüberhinaus nur diejenigen Patienten einbezogen, die während des Aufenthalts auf der anästhesiologischen Intensivstation dekanüliert wurden.

Im Anschluss wurden die Zielgrößen für das Outcome für die früh und die spät dilatativ tracheotomierten Patienten getrennt wie folgt dargestellt:

- Die Liegedauer auf der Intensivstation im Median mit 1. und 3. Quartile sowie den 5., 10., 90. und 95. Perzentilen für die frühe und die späte Gruppe unter Ausschluss der verstorbenen Patienten
- die Letalität während des Intensivaufenthalts als absolute Anzahl der verstorbenen Patienten und als Anteil an der frühen bzw. späten Gruppe insgesamt
- die Weaning-Dauer als Zeitdauer zwischen der dilatativen Tracheotomie und der Dekanülierung im Median mit 1. und 3. Quartile unter Ausschluss der verstorbenen Patienten
- die perioperative Komplikationshäufigkeit der dilatativen Tracheotomie als absolute Anzahl aller Patienten mit stattgehabter Komplikation und als Anteil an der frühen bzw. späten Gruppe insgesamt. Dabei wurden alle dokumentierten

Komplikationen erfasst und es wurde nicht zwischen schwereren und leichteren Komplikationen unterschieden.

- die Anzahl der während des Intensivaufenthalts erfolgreich dekanülierten Patienten, absolut und als Anteil der frühen bzw. späten Gruppe unter Ausschluss der verstorbenen Patienten
- die Zahl der fehlgeschlagenen Weaning-Versuche als Anzahl der Patienten, die rekanüliert wurden, absolut und als Anteil der frühen bzw. späten Gruppe insgesamt.

Die Komplikationen wurden nicht näher nach Art und Schwere kategorisiert, da in der kontinuierlich über mehrere Jahre fortgeführten Excel<sup>TM</sup>-Tabelle teilweise eher unpräzise Beschreibungen zu den Komplikationen erfasst waren, teilweise sich im Laufe der Zeit der Notationsstil der Beschreibungen veränderte, sodass eine Kategorisierung nicht sinnvoll erschien. Dennoch war aufgrund der geltenden Dienstanweisungen davon auszugehen, dass alle Komplikationen erfasst worden waren.

#### **2.4.4 Dosierung von Sedativa, Analgetika und Katecholaminen**

##### **Datenerhebung**

Mithilfe einer weiteren Access<sup>TM</sup>-Abfrage wurden aus den absoluten Tages-Gesamtdosen von Propofol, Midazolam, Sufentanil und Noradrenalin zunächst die gewichtsadaptierten Tagesdosen errechnet, indem die absoluten Tagesdosen durch das Körpergewicht des jeweiligen Patienten dividiert wurden. Dann wurden für jeden der untersuchten Wirkstoffe diejenigen Patienten aus der Betrachtung ausgeschlossen, die den jeweiligen Wirkstoff im gesamten betrachteten Zeitraum von 3 Tagen vor bis 3 Tagen nach Tracheotomie überhaupt nicht erhalten hatten. Diese Selektion war notwendig, da vor allem beim seltener verwendeten Wirkstoff Midazolam der Median der Gewichtsadaptierten Tagesdosen durch die vielen Patienten, die den jeweiligen Wirkstoff überhaupt nicht erhalten haben, verfälscht worden wäre. Daher ergaben sich für jeden der Wirkstoffe verschiedene Patientenzahlen für das jeweils untersuchte Kollektiv. Die weiteren in der Datenbank erfassten Medikamentendosierungen wurden nicht ausgewertet, da diese Wirkstoffe insgesamt sehr selten eingesetzt worden waren und sich daher keine verwertbaren Fallzahlen für die Auswertung ergeben hätten.

Mit zunehmendem zeitlichem Abstand vom Tracheotomiezeitpunkt fehlten einige wenige Daten zu den Dosierungen, da einzelne Patienten entweder 1–3 Tage vor der Tracheotomie noch nicht aufgenommen oder 1–3 Tage nach der Tracheotomie bereits wieder entlassen waren. Diese Daten wurden für die Auswertung als fehlend gekennzeichnet und entsprechend in SigmaStat von den Berechnungen der Mittelwerte ausgeschlossen.

## **Darstellung der Daten**

Die errechneten gewichtsadaptierten Tages-Gesamtdosen aller Patienten wurden zunächst im Median und im arithmetischen Mittel aller Patienten für jeden Tag von 3 Tagen vor der dilatativen Tracheotomie bis 3 Tagen danach dargestellt, um einen Überblick über den Verlauf der Dosierungen um den Tracheotomiezeitpunkt zu erhalten. Da der Verlauf der Dosierungen über den gesamten Zeitraum einen eher veranschaulichenden Charakter haben sollte, wurden hier keine statistischen Testungen durchgeführt.

Für den Vergleich der Dosierungen vor und nach der dilatativen Tracheotomie wurden zunächst für jeden der Patienten, die den jeweiligen Wirkstoff erhalten hatten, das arithmetische Mittel über 3 Tage vor der Tracheotomie und über 3 Tage nach der Tracheotomie berechnet. Der Tag der Tracheotomie wurde somit in den Vergleich nicht mit einbezogen. Einerseits konnte so ein Vergleich erfolgen, der die Zeit vor und nach Tracheotomie gleichermaßen berücksichtigte, andererseits hätte möglicherweise die am Tracheotomietag notwendige zusätzliche Sedierung im Rahmen der dilatativen Tracheotomie das Ergebnis verfälscht.

Die Patienten, deren Dosierungen für einzelne Tage fehlten, wurden in der Berechnung nicht berücksichtigt, weshalb auch hier einzelne Datensätze fehlten. Die Zahl der fehlenden Datensätze ist im Ergebnisteil angegeben.

Aus den arithmetischen Mitteln der einzelnen Patienten wurden dann die Mediane und arithmetischen Mittel über alle einbezogenen Patienten vor und nach Tracheotomie errechnet.

## **2.5 Statistische Testung**

Grundsätzlich wurde nur dann getestet, wenn die Mittelwerte bzw. Häufigkeiten in den Gruppen bzw. die Mittelwerte vor und nach Tracheotomie merkliche Unterschiede aufwiesen, um zahllose Testungen zu vermeiden. Wurden in einem Gruppenvergleich mehrere Parameter verglichen, so wurde mit der Testung stets bei dem Parameter mit der stärksten Mittelwertedifferenz begonnen. Dann wurde der Parameter mit der zweitstärksten Mittelwertedifferenz getestet. Nach diesem Schema wurde so lange vorgefahren, bis kein statistisch deutlicher Unterschied mehr nachweisbar war. Ausnahmen von diesem Schema wurden nur dann gemacht, wenn ein bestimmter Parameter von besonderem klinischen Interesse war. Alle Testungen wurden mit Hilfe des Statistikprogramms SigmaStat, Version 3.0, durchgeführt.

### **2.5.1 Statistik beim Gruppenvergleich früh vs. spät**

Für dichotome Variablen wurde der Chi-Quadrat-Test gewählt, da dieser mittels SigmaStat einfach durchzuführen und allgemein gebräuchlich sowie für die Testung von Häufigkeiten in einer Kontingenztafel geeignet ist.

Für die stetigen Variablen wurde zur Testung der Mann-Whitney-U-Test verwandt, da im Hinblick auf das inhomogene Patientengut eine Normalverteilung der Zielgrößen schon im Voraus als unwahrscheinlich angenommen werden musste, was sich in der dieser Arbeit vorausgehenden explorativen Datenanalyse bestätigte. Der Mann-Whitney-U-Test ist ein Rangsummentest und setzt daher keine normalverteilten Zielwerte voraus.

Für die Zeitdifferenz zwischen Aufnahme und dilatativer Tracheotomie wurde kein Test durchgeführt, da der Unterschied hier durch die Methode der Gruppenzuordnung früh vs. spät keinesfalls durch Zufall entstanden sein kann. Ein statistischer Test wäre nutzlos, da das Ergebnis („nicht allein durch Zufall entstanden“) von vorne herein feststeht. Für alle Testungen wurde ein Signifikanzniveau von 95% festgelegt. Es wurde stets einseitig getestet, da die Abweichungsrichtung aus den Medianen und Häufigkeiten ersehen werden konnte und durch die Ergebnisse in der Vergleichsliteratur ebenfalls absehbar war. Eine Adjustierung für multiple Testungen wurde nicht durchgeführt.

### **2.5.2 Statistik bei den verbundenen Stichproben vor und nach Tracheotomie**

Die arithmetischen Mittel über 3 Tage vor und nach der Tracheotomie der einzelnen Patienten wurden gemeinsam für jeden der untersuchten Wirkstoffe statistisch getestet. Der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test wurde gewählt, da dieser keine normalverteilten Zielgrößen voraussetzt und für verbundene Stichproben geeignet ist. Es lag hier eine verbundene Stichprobe vor, da für jeden der betrachteten Patienten zwei zeitlich getrennte Werte, die durchschnittliche gewichtsadaptierte Tagesdosis vor und nach der Tracheotomie, betrachtet wurden.

## **2.6 Grafiken, Literaturverwaltung und Textverarbeitung**

Die Grafiken wurden mit Hilfe des statistischen Grafikprogramms SigmaPlot, Version 8.0, erstellt und als Bitmap-Grafik exportiert.

Die Literatur wurde mit dem Open-Source-Literaturverwaltungsprogramm JabRef, Version 2.2, verwaltet und im BibTEX-Format gespeichert.

Der Text wurde mit dem Open-Source-L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Editor TeXnicCenter, Version 1 Beta 7.01 geschrieben.

Das Literaturverzeichnis wurde mit Hilfe von BibTEX erstellt, die Vorgaben zur Form



des Literaturverzeichnisses wurden mit Hilfe eines auf dem  $\text{BIB}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ -Style „gerabrv“, Version 0.99a, basierenden selbst in der  $\text{BIB}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ -Skriptsprache modifizierten  $\text{BIB}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ -Style „med-ulm.bst“ umgesetzt.

Der automatische Textsatz wurde schließlich mit dem auf dem KOMA-Script basierenden  $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ -Paket MikeTeX, Version 2.5, durchgeführt.

Alle verwendeten  $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ - und  $\text{BIB}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ -Module außer „med-ulm.bst“ entstammen der  $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ -Distribution ProTeXt, Version 2.0.

# 3 Ergebnisse

## 3.1 Charakteristika der dilatativ tracheotomierten Patienten

### 3.1.1 Allgemeine Charakteristika

Insgesamt waren im untersuchten Zeitraum 2.448 Patienten auf die anästhesiologische Intensivstation aufgenommen worden, davon wurde bei 248 eine dilatative Tracheotomie durchgeführt. Die absoluten Anzahlen der aufgenommenen und der tracheotomierten Patienten in den Jahren 2003 bis 2006 können der Abbildung 1 entnommen werden.

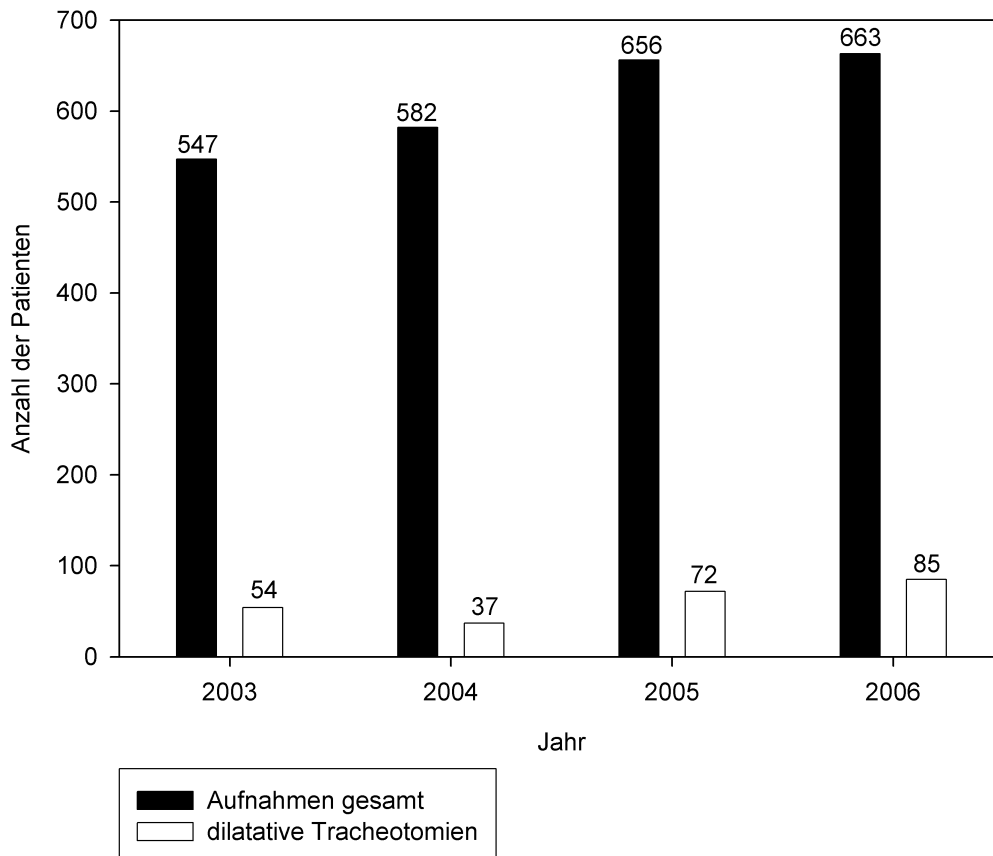


Abbildung 1: Anzahl der Aufnahmen und der tracheotomierten Patienten 2003 bis 2006

Die Anteile der dilatativ tracheotomierten Patienten in den Jahren 2003 bis 2006 sowie der Anteil im gesamten betrachteten Zeitraum können der Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 1: Anteil der dilatativ tracheotomierten Patienten an allen Aufnahmen in den Jahren 2003 bis 2006 und im gesamten Zeitraum

	Jahre				gesamt
	2003	2004	2005	2006	
Anteil (%)	9,9	6,4	11,0	12,8	10,1

Die Zeitdauer von der Aufnahme auf der anästhesiologischen Intensivstation bis zur dilatativen Tracheotomie betrug im Median der 248 im betrachteten Zeitraum dilatativ tracheotomierten Patienten 7 Tage. Die 1. und 3. Quartilen lagen bei 5 bzw. 9. Das Minimum betrug 0 Tage (der Patient wurde am Aufnahmetag tracheotomiert), das Maximum 46 Tage. Die Abbildung 2 veranschaulicht die Häufigkeitsverteilung der Zeitdauer von der Aufnahme bis zur dilatativen Tracheotomie unter allen dilatativ tracheotomierten Patienten.

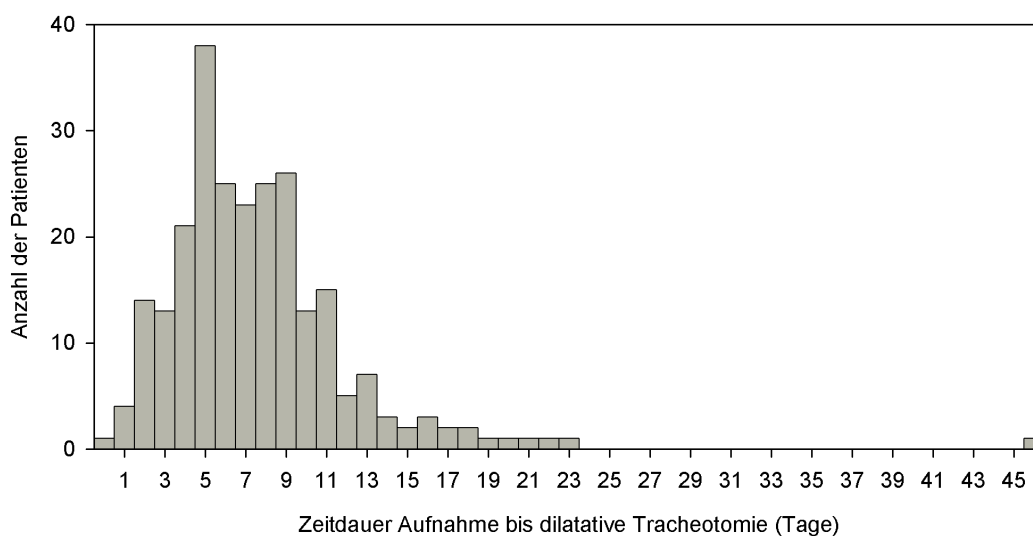


Abbildung 2: Histogramm der Verteilung der Patienten nach Zeitdauer zwischen Aufnahme und dilatativer Tracheotomie

### 3.1.2 Charakteristika frühe vs. späte dilatative Tracheotomie

Die Gruppeneinteilung anhand des Medians ergab eine Gruppengröße von 139 Patienten für die frühe und 109 Patienten für die späte Gruppe. Die Tabelle 2 zeigt die Zeitdauer zwischen Aufnahme und dilatativer Tracheotomie im Vergleich der frühen mit der späten Gruppe.

Die Ergebnisse für die früh und die spät dilatativ tracheotomierte Gruppe im Hinblick auf Alter, Geschlecht und Body-Mass-Index gehen aus Tabelle 2 hervor. Durch die offensichtlich geringfügigen Unterschiede zwischen den Gruppen bei den Zielgrößen Geschlecht und BMI war eine statistische Testung hier nicht sinnvoll. Da sich im Hinblick auf das Alter zeigte, dass sowohl der Median als auch die 1. und 3. Quartile bei

der späten Gruppe deutlich niedriger waren, wurde hier getestet. Es stellte sich heraus, dass der Unterschied zwischen den Gruppen nicht groß genug war, als dass er nicht auch durch zufällige Variabilität entstanden sein könnte.

**Tabelle 2:** Tracheotomiezeitpunkt, Alter, Geschlecht und BMI im Vergleich zwischen der frühen und der späten Gruppe

BMI: Body-Mass-Index. p: Überschreitungswahrscheinlichkeit. w: weiblich. d: Tage  
Zeitdauer, Alter, BMI in der Form Median (1./3. Quartile)  
Zeitdauer ist die Dauer von Intensiv-Aufnahme bis Tracheotomie.  
Geschlecht in der Form Häufigkeit (Anteil an der Gruppe).

	Gruppe		p
	früh ( $\leq 7$ d)	spät ( $> 7$ d)	
Anzahl Patienten	139	109	
Zeitdauer (Tage)	5 (4/6)	10 (9/12)	nicht getestet
Alter (Jahre)	69 (56/74)	63 (51/72)	0,052
Geschlecht (w)	40 (29 %)	25 (23 %)	nicht getestet
BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	24,7 (23,4/27,5)	24,5 (23,1/27,7)	nicht getestet

Die Häufigkeiten der OP-Gebiete sowie die Häufigkeiten von Notfall- und Elektivoperationen in der frühen und der späten Gruppe sind in Tabelle 3 wiedergegeben. Die deutlichsten Unterschiede in den Gruppenanteilen fanden sich bei den allgemeinchirurgischen, traumatologischen und neurochirurgischen Patienten. Bei diesen wurde daher eine statistische Testung mittels des Chi-Quadrat-Tests durchgeführt. Da schon beim drittstärksten Unterschied kein statistisch deutlicher Unterschied mehr vorlag, wurden keine weiteren Testungen zu den OP-Gebieten durchgeführt.

**Tabelle 3:** Operationsgebiete oder sonstige Aufnahmegründe und Dringlichkeit der Operation im Gruppenvergleich

Alle Angaben in der Form Häufigkeit (Anteil an der Gruppe früh bzw. spät).  
p: Überschreitungswahrscheinlichkeit. d: Tage  
Mehrfache OP-Gebiete waren möglich, Summe kann  $> 100\%$  sein.

	Gruppe		p
	früh ( $\leq 7$ d)	spät ( $> 7$ d)	
Anzahl Patienten	139	109	
OP-Gebiete:			
Neuro-	39 (28 %)	13 (12 %)	0,003
Allgemein-	34 (24 %)	45 (41 %)	0,007
Unfall-	18 (13 %)	22 (20 %)	0,173
Gefäß-	18 (13 %)	19 (17 %)	nicht getestet
Thoraxchirurgie	30 (22 %)	20 (18 %)	nicht getestet
sonstige	13 (9 %)	7 (6 %)	nicht getestet
Dringlichkeit:			
Notfall	90 (65 %)	65 (60 %)	nicht getestet
elektiv	36 (26 %)	37 (34 %)	nicht getestet

Die Häufigkeiten der Patienten mit chronischer oder akuter Haupterkrankung sowie die Häufigkeiten der erfassten Vorerkrankungen sind in Tabelle 4 dargestellt. Da sich

in den Häufigkeiten außer bei der Vorerkrankung COPD zwischen den Gruppen keine merklichen Unterschiede zeigten, wurde nur für COPD getestet. Der Unterschied zwischen den Gruppen könnte hier auch allein durch zufällige Variabilität entstanden sein.

**Tabelle 4:** Art der Haupterkrankung und Vorerkrankungen im Gruppenvergleich früh vs. spät  
 Alle Angaben in der Form Häufigkeit (Anteil an der Gruppe früh bzw. spät).  
 p: Überschreitungswahrscheinlichkeit. d: Tage. MI: Myokardinsuffizienz  
 COPD: Chronic obstructive pulmonary disease. KHK: Koronare Herzkrankheit  
 pAVK: Periphere arterielle Verschlusskrankheit. aHT: Arterielle Hypertonie  
 Mehrfache Vorerkrankungen waren möglich, Summe kann > 100 % sein.

	Gruppe		p
	früh ( $\leq 7$ d)	spät ( $> 7$ d)	
Anzahl Patienten	139	109	
Haupterkrankung: chronisch	40 (29 %)	34 (31 %)	nicht getestet
Vorerkrankung:			
COPD	33 (24 %)	15 (14 %)	0,070
KHK	29 (21 %)	25 (23 %)	nicht getestet
pAVK	22 (16 %)	21 (19 %)	nicht getestet
MI	24 (17 %)	18 (17 %)	nicht getestet
aHT	81 (58 %)	62 (57 %)	nicht getestet
Asthma	5 (4 %)	2 (2 %)	nicht getestet
Diabetes	29 (21 %)	20 (18 %)	nicht getestet
sonstige	69 (50 %)	62 (57 %)	nicht getestet

Die Anzahl der Vorerkrankungen und die Erkrankungsschwere am Tag der dilatativen Tracheotomie kann im Vergleich der frühen und der späten Gruppe aus Tabelle 5 ersehen werden. Die Daten zu den Scores am Tag der dilatativen Tracheotomie waren nicht ganz vollständig in der Datenbank vorhanden. Die Zahl der fehlenden Score-Datensätze ist ebenfalls in Tabelle 5 aufgeführt. Das einzige der hier betrachteten Charakteristika, bei dem sich die Mediane unterschieden, war der Score SAPS II am Tag der dilatativen Tracheotomie. Daher wurde nur dafür statistisch getestet. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen war dabei größer als es durch zufällige Variabilität erwartet worden wäre.

Die Auswertung der Häufigkeiten und relativen Anteile der positiven mikrobiologischen Befunde aus Sputum oder Trachealsekret ergab schließlich:

- 80 Patienten mit positivem Befund, entsprechend 58 % der früh tracheotomierten Patienten
- 53 Patienten mit positivem Befund, entsprechend 49 % der spät tracheotomierten Patienten.

Da ein Unterschied zwischen den Gruppen vorzuliegen schien, wurde statistisch getestet. Der Chi-Quadrat-Test ergab eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von  $p=0,204$ . Der Unterschied könnte somit allein durch zufällige Variabilität entstanden sein.

**Tabelle 5:** Zahl der Vorerkrankungen pro Patient und Score-Werte am Tag der dilatativen Tracheotomie im Vergleich der Gruppen

VE: Vorerkrankungen. SAPS II: Simplified Acute Physiology Score.

SOFA: Sequential Organ Failure Assessment Score. d: Tage

Fehlend: Anzahl der fehlenden Datensätze in der Form früh/spät

Angaben in der Form Median (1./3. Quartile). p: Überschreitungswahrscheinlichkeit

	Gruppe		p	fehlend früh/spät
	früh ( $\leq 7$ d)	spät ( $> 7$ d)		
Anzahl Patienten	139	109		
VE-Zahl	2 (1/3)	2 (1/3)	nicht getestet	
SAPS II	45 (32/54)	49,5 (36/59)	0,030	4/5
SOFA	6 (3/7)	6 (3/8,5)	nicht getestet	4/5

## 3.2 Ergebnisse frühe vs. späte dilatative Tracheotomie

### Zielgrößen gemessen an allen dilatativ tracheotomierten Patienten im untersuchten Zeitraum

Die Anzahl der verstorbenen Patienten und die der Patienten mit perioperativen Komplikationen in der frühen und der späten Gruppe sowie der Gesamtgruppe können der Tabelle 6 entnommen werden. Die statistische Testung ergab, dass der Unterschied der Letalität zwischen den Gruppen auch durch zufällige Variabilität entstanden sein könnte, ebenso der Unterschied in der Komplikationshäufigkeit.

**Tabelle 6:** Verstorbene Patienten und Patienten mit perioperativen Tracheotomiekomplikationen im Gruppenvergleich und gesamt

Angaben in der Form Häufigkeit (Anteil an der Gruppe).

p: Überschreitungswahrscheinlichkeit. d: Tage

	Gruppe		gesamt	p
	früh ( $\leq 7$ d)	spät ( $> 7$ d)		
Anzahl Patienten	139	109	248	
verstorben	32 (23 %)	29 (27 %)	61 (25 %)	0,616
Komplikation	22 (16 %)	8 (7 %)	30 (12 %)	0,066

Hinsichtlich der Art und Schwere der Komplikationen konnte aus den Kommentaren interpretiert werden, dass vornehmlich geringfügige Komplikationen wie nicht Hb-relevante Blutungen und leichte Trachealwandverletzungen vorlagen. Da jedoch die Kommentare in der Excel<sup>TM</sup>-Tabelle nicht standardisiert waren, war eine Statistik oder weitere Differenzierung nicht sinnvoll.

### Zielgrößen unter Ausschluss der verstorbenen Patienten

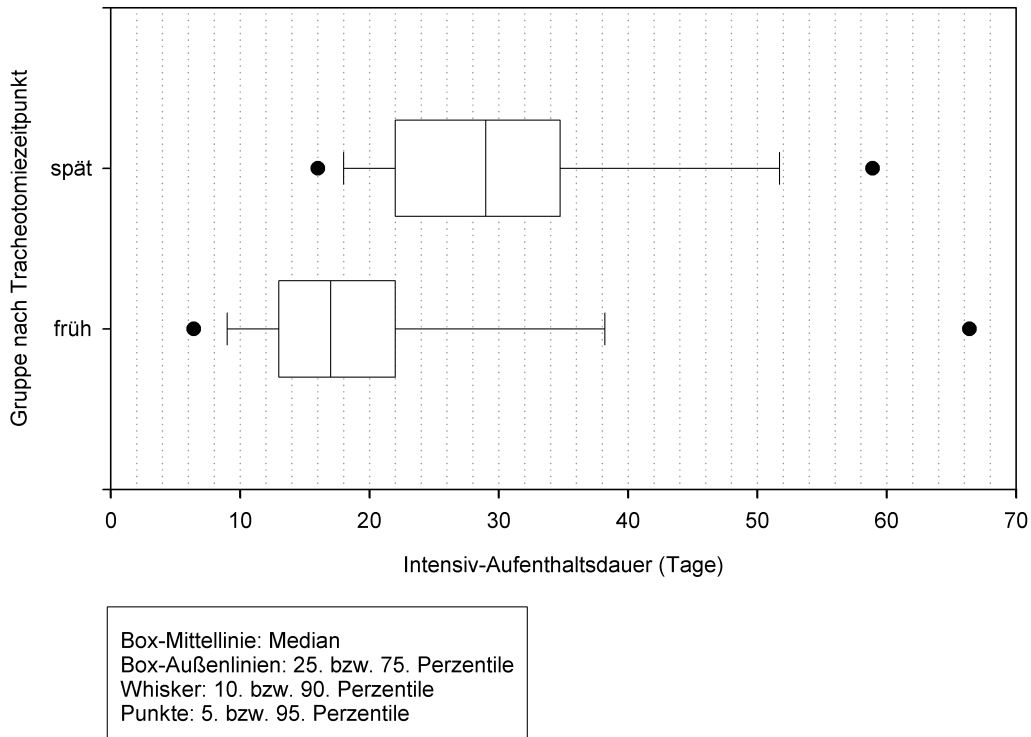
Nach Ausschluss der verstorbenen Patienten verblieben insgesamt 187 Patienten, 107 in der früh und 80 in der spät dilatativ tracheotomierten Gruppe.

Die Auswertung der Liegedauer auf der Intensivstation unter den nicht verstorbenen Patienten ergab Tabelle 7

**Tabelle 7:** Liegedauer auf der Intensivstation im Gruppenvergleich früh vs. spät (nicht Verstorbene)  
 ICU-Liegedauer in der Form Median (1./3. Quartile).  
 ICU: Intensivstation. p: Überschreitungswahrscheinlichkeit. d: Tage

	Gruppe		p
	früh ( $\leq 7$ d)	spät ( $> 7$ d)	
Anzahl Patienten	107	80	
ICU-Liegedauer (d):	17 (13/22)	29 (22/34,5)	$< 0,001$

Die Verteilung der Patienten im Hinblick auf die Liegedauer auf der Intensivstation ist in Abbildung 3 veranschaulicht. Die statistische Testung ergab eine Überschreitungswahrscheinlichkeit p von kleiner als 0,001. Damit war der Unterschied bezüglich der Liegedauer zwischen den Gruppen größer als es durch zufällige Variabilität erwartet worden wäre.



**Abbildung 3:** Verteilung der Intensiv-Aufenthaltsdauer im Gruppenvergleich als Boxplot

Die jeweilige Anzahl der erfolgreich während des Intensivaufenthalts dekanülierten Patienten (ohne Trachealkanüle entlassene Patienten) in den beiden Gruppen und insgesamt können der Tabelle 8 entnommen werden. Die statistische Testung ergab, dass die Unterschiede der Häufigkeiten auch durch zufällige Variabilität entstanden sein könnten.

Die Anzahlen der Patienten, bei denen im Verlauf eine Rekanülierung erforderlich wurde, sind in Tabelle 9 dargestellt. Da sich in den Häufigkeiten kein eindeutiger Unterschied zwischen den Gruppen zeigte, wurde keine statistische Testung durchgeführt.

**Tabelle 8:** Anzahl dekanüliert entlassener Patienten im Gruppenvergleich  
Angaben in der Form Häufigkeit (Anteil an der Gruppe).  
p: Überschreitungswahrscheinlichkeit. d: Tage  
Auswertung unter Ausschluss der verstorbenen Patienten.

	Gruppe		gesamt	p
	früh ( $\leq 7$ d)	spät ( $> 7$ d)		
Anzahl Patienten	107	80	187	
dekanüliert	65 (61 %)	59 (74 %)	124 (66 %)	0,088

**Tabelle 9:** Anzahl rekanülierter Patienten im Gruppenvergleich  
Angaben in der Form Häufigkeit (Anteil an der Gruppe).  
p: Überschreitungswahrscheinlichkeit. d: Tage  
Auswertung unter Ausschluss der verstorbenen Patienten.  
Gruppengröße spät ist nur 71, da zu 9 Patienten Daten fehlten.

	Gruppe		gesamt	p
	früh ( $\leq 7$ d)	spät ( $> 7$ d)		
Anzahl Patienten	107	71	178	
rekanüliert	17 (16 %)	12 (17 %)	29 (16 %)	nicht getestet

### Zielgröße unter engerer Einschränkung des untersuchten Kollektivs

Die weitere Einschränkung des Patientenguts auf die nicht verstorbenen und dekanülierten Patienten ergab eine Gruppengröße von 65 Patienten für die frühe, eine Gruppengröße von 56 für die späte Gruppe.

Die Zeitdauer vom Tag der dilatativen Tracheotomie bis zur Dekanülierung bei diesen Patienten ist in Tabelle 10 dargestellt. Die statistische Testung ergab, dass der Unterschied zwischen den Gruppen auch durch zufällige Variabilität entstanden sein könnte.

**Tabelle 10:** Dauer von Tracheotomie bis Dekanülierung bei den dekanülierten Patienten  
Angaben in der Form Median (1./3. Quartile).  
p: Überschreitungswahrscheinlichkeit. d: Tage

	Gruppe		p
	früh ( $\leq 7$ d)	spät ( $> 7$ d)	
Anzahl Patienten	65	56	
Weaning-Dauer (d)	11 (7/17,5)	14 (9/19,5)	0,056

## 3.3 Dosierung von Sedativa, Analgetika und Katecholaminen

Nach Ausschluss derjenigen Patienten, die die untersuchten Wirkstoffe nicht erhalten hatten, verblieben von den 248 in der Datenbank enthaltenen Patienten für die Untersuchung der gewichtsadaptierten Tagesdosen eine unterschiedliche Anzahl von Patienten,



welche im Zeitraum von 3 Tagen vor bis 3 Tagen nach der dilatativen Tracheotomie die jeweiligen Wirkstoffe erhalten hatten:

- für Propofol 224 Patienten
- für Midazolam 124 Patienten
- für Sufentanil 189 Patienten
- für Noradrenalin 190 Patienten

### 3.3.1 Dosierungen im Verlauf

Eine Übersicht über den Verlauf der gewichtsadaptierten Tagesdosen von Propofol im untersuchten Zeitraum gibt Abbildung 4.

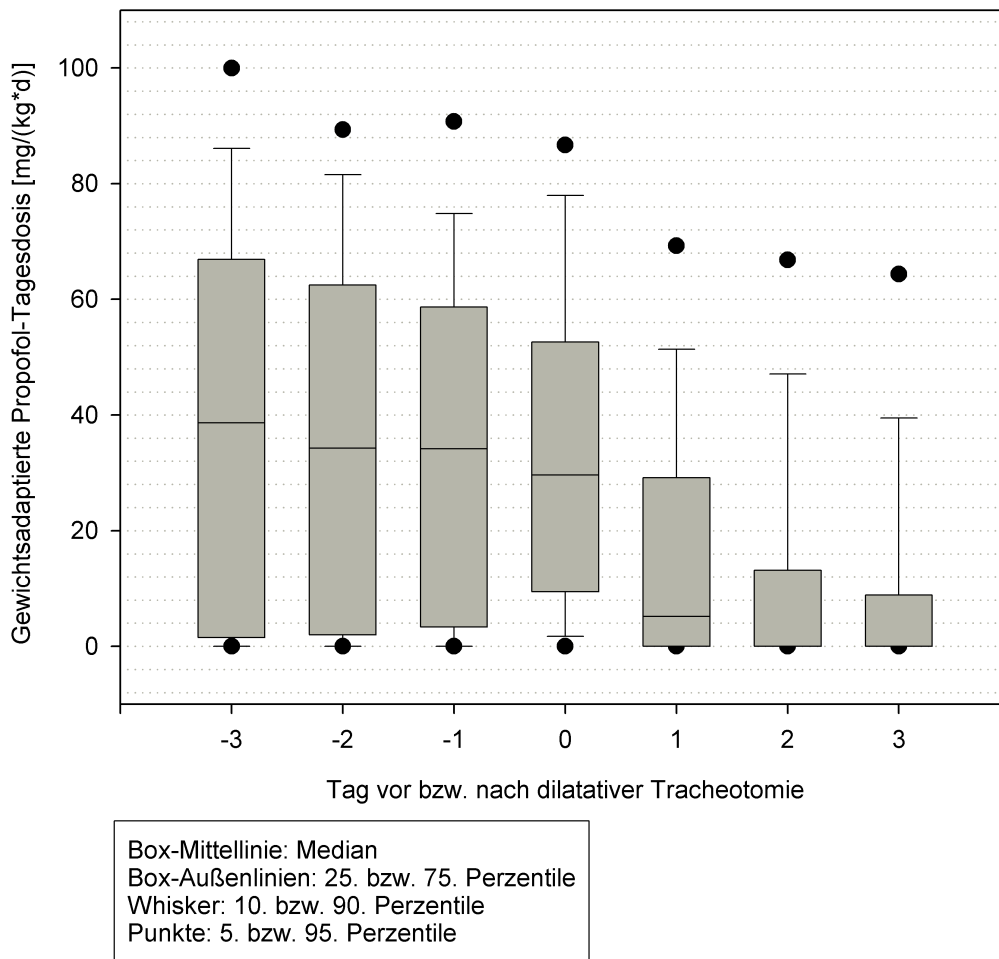


Abbildung 4: Verlauf der gewichtsadaptierten Propofol-Tagesgesamt Dosen als Boxplot

Die gewichtsadaptierten Tagesdosen von Midazolam sind zur Übersicht in Abbildung 5 im Verlauf als Boxplot dargestellt.

Eine Übersicht über den Verlauf der gewichtsadaptierten Tagesdosen von Sufentanil im untersuchten Zeitraum gibt Abbildung 6.

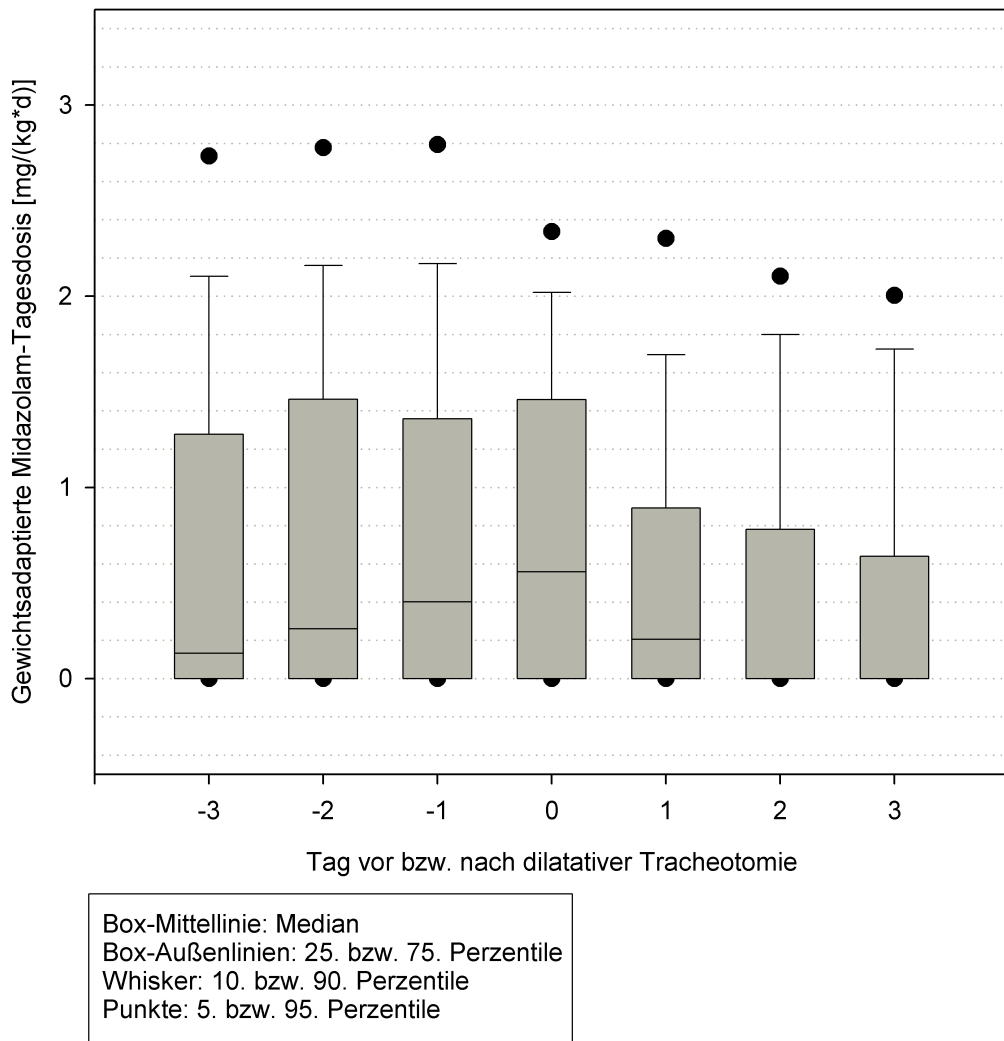


Abbildung 5: Gewichtsadaptierte Midazolam-Tagesdosen im Verlauf als Boxplot

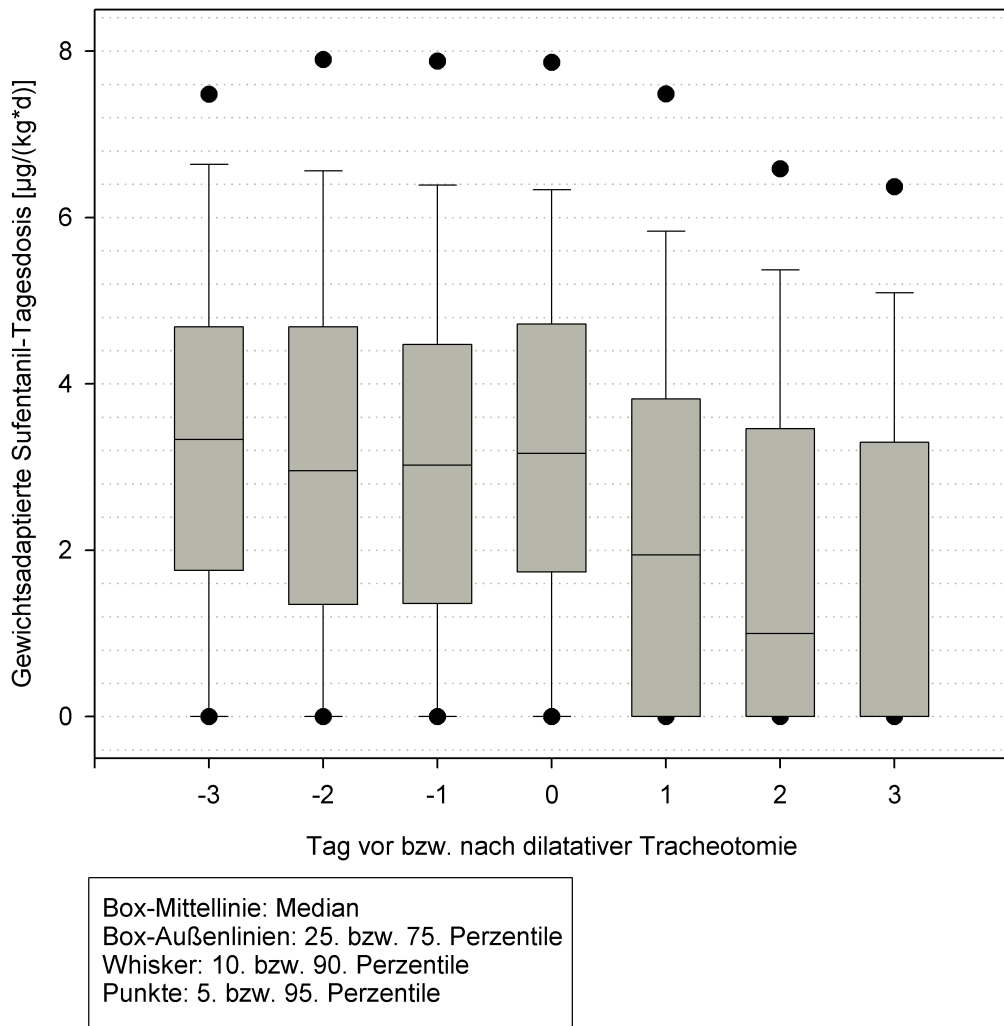


Abbildung 6: Gewichtsadaptierte Sufentanil-Tagesdosen im Verlauf als Boxplot

Der Verlauf der gewichtsadaptierten Tagesdosen von Noradrenalin ist schließlich in Abbildung 7 dargestellt.

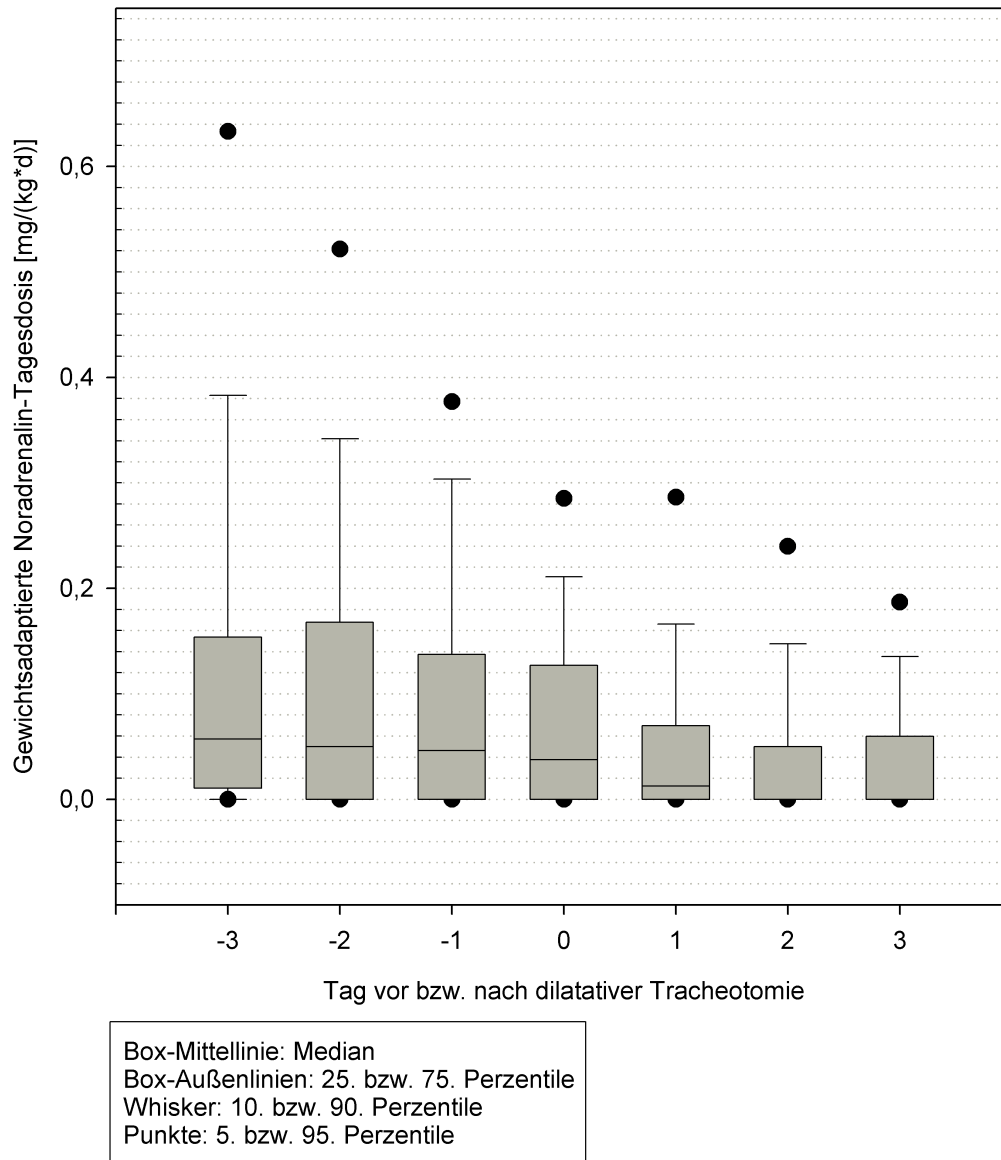


Abbildung 7: Verlauf der gewichtsadaptierten Noradrenalin-Tagesdosen als Boxplot

Die Tabelle 11 gibt vergleichend die Mittelwerte und Mediane sowie die Anzahl der jeweils fehlenden Datensätze zu jedem der untersuchten Wirkstoffe im Verlauf wieder.

### 3.3.2 Dosierungen vor Tracheotomie vs. nach Tracheotomie

Die Gesamtzahl der für jeden Wirkstoff betrachteten Patienten ergibt sich aus der Access™-Abfrage, die auch für die gewichtsadaptierten Tages-Gesamtdosen im Verlauf verwendet wurde. Daher sind die Gruppen der Patienten, die Propofol, Midazolam, Sufentanil und bzw. oder Noradrenalin erhalten hatten, identisch mit denen, deren Dosierungen nun im Durchschnitt vor und nach der Tracheotomie betrachtet wurden.

**Tabelle 11:** Mittelwerte und fehlende Datensätze der gewichtsadaptierten Medikamentendosierungen im Verlauf

Mittel: arithmetisches Mittel. Fehlend: fehlende Datensätze.

	Tag vor bzw. nach dilatativer Tracheotomie						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Propofol:	224 Patienten erhielten Propofol.						
fehlend	15	5	1	0	0	3	10
Median [mg/(kg · d)]	38,7	34,3	34,2	29,6	5,2	0	0
Mittel [mg/(kg · d)]	40,0	37,2	34,9	34,4	16,8	12,8	10,1
Midazolam:	124 Patienten erhielten Midazolam.						
fehlend	5	4	0	0	0	2	6
Median [mg/(kg · d)]	0,133	0,261	0,401	0,558	0,206	0	0
Mittel [mg/(kg · d)]	0,705	0,790	0,753	0,794	0,555	0,456	0,409
Sufentanil:	189 Patienten erhielten Sufentanil.						
fehlend	13	4	1	0	0	2	8
Median [µg/(kg · d)]	3,33	2,96	3,02	3,17	1,94	1,00	0
Mittel [µg/(kg · d)]	3,42	3,21	3,17	3,31	2,47	2,02	1,71
Noradrenalin:	190 Patienten erhielten Noradrenalin.						
fehlend	15	5	1	0	0	2	9
Median [mg/(kg · d)]	0,0571	0,0500	0,0462	0,0375	0,0125	0	0
Mittel [mg/(kg · d)]	0,133	0,129	0,0982	0,0805	0,0588	0,0459	0,0438

Die Zahl der fehlenden Datensätze in der Betrachtung der gewichtsadaptierten Durchschnittsdosen über 3 Tage vor vs. nach Tracheotomie ist aus Tabelle 12 ersichtlich. Die Mediane und Mittelwerte sowie die Überschreitungswahrscheinlichkeiten der Testungen finden sich ebenfalls in Tabelle 12. Eine Berechnung der Quartilen und Maxima wurde mathematisch durchgeführt, wurde jedoch nicht nochmals explizit hier dargestellt, da sich die Verteilungen bereits aus den Abbildungen zu den Dosierungen im Verlauf abschätzen lassen.

Die statistischen Testungen ergaben, dass bei allen untersuchten Wirkstoffen ein statistisch deutlichen Unterschied zwischen den durchschnittlichen Dosierungen vor und nach der Tracheotomie vorlag. Die Unterschiede sind damit allesamt größer, als es durch zufällige Variabilität zu erwarten gewesen wäre.

**Tabelle 12:** Gewichtsadaptierte Medikamentendosen, gemittelt über 3 Tage vor und über 3 Tage nach Tracheotomie

p: Überschreitungswahrscheinlichkeit. d: Tage

PDT: dilatative Tracheotomie. Mittel: arithmetisches Mittel.

	Zeitraum		p
	3 d vor PDT	3 d nach PDT	
Propofol:	224 Patienten erhielten Propofol.		
fehlend	16	10	
Median [mg/(kg · d)]	37,2	3,28	< 0,001
Mittel [mg/(kg · d)]	37,3	13,2	
Midazolam:	124 Patienten erhielten Midazolam.		
fehlend	6	6	
Median [mg/(kg · d)]	0,447	0,119	< 0,001
Mittel [mg/(kg · d)]	0,756	0,477	
Sufentanil:	189 Patienten erhielten Sufentanil.		
fehlend	14	8	
Median [µg/(kg · d)]	3,10	1,36	< 0,001
Mittel [µg/(kg · d)]	3,30	2,07	
Noradrenalin:	190 Patienten erhielten Noradrenalin.		
fehlend	6	6	
Median [mg/(kg · d)]	0,0612	0,0093	< 0,001
Mittel [mg/(kg · d)]	0,120	0,045	

## 4 Diskussion

### 4.1 Eigene Ergebnisse im Vergleich zur Literatur

Im Folgenden Abschnitt sollen die Ergebnisse mit Literaturangaben verglichen und die Bedeutung der Ähnlichkeiten und Unterschiede für die klinische Praxis unserer anästhesiologischen Intensivstation speziell und allgemein erörtert werden.

#### 4.1.1 Anzahl der tracheotomierten Patienten

Die Häufigkeit der Anwendung der dilatativen Tracheotomie lag bei der Studie von Flaatten et al. [7] bei 17,6 % der aufgenommenen Patienten. Im Vergleich dazu scheint die Tracheotomie auf unserer Intensivstation mit 10,1 % der Aufnahmen eher zurückhaltend eingesetzt worden zu sein. Vergleicht man jedoch mit neueren Arbeiten mit breiterer Datenbasis wie z. B. der Arbeit von Freeman et al. [8], dann scheint die Tracheotomie auf unserer Station wiederum häufig eingesetzt worden zu sein. Sie beschreiben in ihrer multizentrischen Datenanalyse von 43.916 Patienten einen Anteil der tracheotomierten Patienten von 5,6 %. Ein weiteres Zahlenbeispiel geben Frutos-Vivar et al. [11] Unter den 5.081 Patienten gesamt wurden 10,7 % tracheotomiert. Dieser Wert entspricht größenordnungsmäßig den Beobachtungen auf unserer anästhesiologischen Intensivstation. Der Einsatz der dilatativen Tracheotomie auf unserer Station bewegt sich mithin im Rahmen der internationalen Vergleichswerte und es kann davon ausgegangen werden, dass die Indikation zur Tracheotomie weder zu großzügig noch zu restriktiv gestellt wurde.

#### 4.1.2 Zeitpunkt der Tracheotomie

Frutos-Vivar et al. [11] schreiben zu ihrer multizentrischen internationalen Studie: „Die Tracheotomie wurde im Median nach einer Zeit von 12 Tagen (Interquartilabstand 7–17) vom Beginn der mechanischen Beatmung an durchgeführt“. Auch Combes et al. [5] fanden in ihrer aktuellen Retrospektivstudie mit Daten aus dem Jahr 2002 bis 2004 einen Median von 12 Tagen nach Beginn der mechanischen Beatmung. Bei Flaatten et al. [7] wird beschrieben: „Die Zeit im Median bis zur Tracheotomie ab ICU-Aufnahme betrug 6 Tage“.

Der Tracheotomiezeitpunkt auf unserer Intensivstation lag damit mit 7 Tagen nach Aufnahme im Median innerhalb der Literaturvergleichswerte. Es wurde innerhalb des in der Literatur zu findenden Spektrums mit gemischtem Patientengut auf der an-

ästhesiologischen Intensivstation eher vergleichsweise frühzeitig, jedoch innerhalb des vergleichbaren Literaturspektrums, tracheotomiert.

### **4.1.3 Zusammensetzung der Gruppen der früh- und spätracheotomierten Patienten**

Die Frage, welche der Patienten zurückblickend eher früh, welche eher spät tracheotomiert worden waren, war für diese Arbeit von besonderem Interesse. Einerseits, um die Erfahrungen auf unserer Intensivstation zu quantifizieren, andererseits um Vergleiche mit der Praxis andernorts anstellen zu können und drittens, um Patientengruppen zu identifizieren, welche besonders häufig früh tracheotomiert wurden, um die Patientenauswahl für die Tracheotomie zu reevaluieren.

#### **Alter, Geschlecht, BMI**

Die Altersverteilung zwischen der frühen und der späten Gruppe lag im Rahmen der statistischen Testung sehr nahe an der geforderten Überschreitungswahrscheinlichkeit. Man könnte dieses Ergebnis so interpretieren, dass eine gewisse Tendenz dahingehend vorlag, ältere Patienten früher zu tracheotomieren (69 vs. 63 Jahre im Median). Diese Tendenz spiegelt sich in einigen, jedoch nicht allen betrachteten internationalen Vergleichsarbeiten wider.

Bei Flaatten et al. [7] hatte die früh tracheotomierte Gruppe ein Alter von 55,1 Jahren, die späte lag bei 51,9 Jahren im arithmetischen Mittel. Dieser Unterschied erwies sich, wie auch in der vorliegenden Arbeit, nach statistischer Testung als nicht signifikant und stellt ebenfalls allenfalls eine leichte Tendenz zur früheren Tracheotomie bei älteren Patienten dar. Goettler et al. [12] beschreiben ein höheres Alter als signifikanten Risikofaktor für die Notwendigkeit einer dilatativen Tracheotomie im Verlauf; das Alter der tracheotomierten Patienten lag im arithmetischen Mittel bei 45,6 Jahren. Nach Betrachtungsweise dieser Studie erscheint es sinnvoll, die Tracheotomie bei älteren Patienten früher zu erwägen, da sie ohnehin ein höheres Tracheotomierisiko tragen. Dagegen kann argumentiert werden, dass diese Studie sich ausschließlich mit Traumatpatienten befasste und die Ergebnisse nicht auf andere Patientengruppen übertragen werden können. Beim Patientengut von Möller et al. [18] wurde dagegen im arithmetischen Mittel bei einem Alter von 49,2 Jahren früh, bei 54,6 Jahren spät tracheotomiert, also ältere Patienten tendenziell eher später, jedoch erwies sich dieser – den anderen Arbeiten sinngemäß entgegengesetzte – Unterschied ebenfalls als nicht signifikant. Rückblickend kann festgestellt werden, dass unser Ergebnis, ältere Patienten tendenziell früher zu tracheotomieren, beziehungsweise keinen statistisch deutlichen Altersunterschied zwischen der frühen und der späten Gruppe vorweisen zu können, genau der Vergleichsdatenlage entspricht. Weitere Studien werden benötigt, um zu eruieren, ob eine frühere Tracheo-



tomie bei älteren Patienten generell und für andere Haupterkrankungen als Traumata von Vorteil ist. Solche Daten könnten den Intensivmedizinern eine Hilfestellung bei der Indikationsstellung in Abhängigkeit vom Alter sein.

Insgesamt lag das Alter der auf unserer Intensivstation tracheotomierten Patienten über allen betrachteten Literaturvergleichswerten. Dies lässt zwei Schlüsse zu. Entweder wurde die Tracheotomie auf unserer Station bei jüngeren Patienten seltener eingesetzt, oder das Durchschnittsalter unter allen aufgenommenen Patienten lag höher als bei den Patientenkollektiven aus den Vergleichsarbeiten. Da das Alter aller aufgenommenen Patienten in dieser Arbeit nicht erfasst wurde, kann diesbezüglich kein eindeutiger Schluss gezogen werden.

Es wurde im Ergebnisteil festgestellt, dass sich auf unserer Intensivstation kein deutlicher Unterschied bezüglich des Geschlechts der Patienten zwischen der frühen und der späten Gruppe finden ließ. Bei Möller et al. [18] befanden sich in der früh tracheotomierten Gruppe 67% Männer und in der späten 59% Männer. Dieser Häufigkeitsunterschied war nicht statistisch signifikant. Bei Freeman et al. [8] lag der Median der Beatmungstage vor Tracheotomie für Männer bei 9 Tagen, für Frauen bei 10 Tagen; für beide Geschlechter lag die erste Quartile bei 5 Tagen und die dritte Quartile bei 14 Tagen. Bei der hohen Zahl an untersuchten Patienten (24.800 Männer, 18.850 Frauen) war dieser (wenngleich geringe) Unterschied signifikant. Unser Ergebnis kann überblickend als mit der Vergleichsliteratur übereinstimmend interpretiert werden. Zwar wurden Frauen, wie bei Freeman et al., tendenziell geringfügig später tracheotomiert, der Gruppenunterschied war jedoch nicht groß genug um bei unserer Anzahl von Beobachtungen statistisch deutlich sein zu können.

Beim Body Mass Index lag innerhalb unseres Patientenguts der geringste Gruppenunterschied zwischen früher und später Gruppe vor. Goettler et al. [12] beschrieben einen höheren BMI als einen Risikofaktor für die Notwendigkeit einer Tracheotomie unter Traumatpatienten, ansonsten wurde in keiner der neueren nicht-randomisierten Studien zum Vergleich zwischen Früh- und Spättracheotomie der BMI als Gruppencharakteristikum angegeben. Da jedoch zumindest eine Arbeit vorlag, die den BMI als Risikofaktor für eine Tracheotomie wertet, könnten weitere Arbeiten für die Reevaluation der klinischen Praxis im Hinblick auf die Selektion der Patienten für die (frühe) Tracheotomie hilfreich sein.

## **Die operativen Fachgebiete**

Die Beobachtung, dass neurochirurgische Patienten überzufällig häufig früh und abdominalchirurgische Patienten überzufällig häufig spät tracheotomiert wurden, ähnelt sinngemäß den ebenfalls retrospektiv auf einer chirurgischen Intensivstation gewonnenen Ergebnissen von Möller et al. [18] Sie stellten fest, dass Traumatpatienten überzufällig häufig früh tracheotomiert wurden. Neurochirurgische wurden dort tendenzi-

ell früh und allgemeinchirurgische Patienten eher spät tracheotomiert, jedoch waren die Testungen für letztere beide Subgruppen nicht signifikant. Einige unserer hier betrachteten Patienten aus dem neurochirurgischen Kollektiv waren Polytraumapatienten. Sie zählten methodikbedingt (mehrere OP-Fachgebiete waren möglich) sowohl zu den Trauma- als auch zu den neurochirurgischen tracheotomierten Patienten, sodass unsere Beobachtungen denen von Möller et al. ähnlich sind, sich jedoch nicht direkt gegenüberstellen lassen, zumal Traumapatienten ohne neurochirurgische Intervention auf unserer Intensivstation insgesamt sogar geringfügig häufiger in der späten Gruppe vertreten waren. Weitere Arbeiten, in denen die Zusammensetzung der früh mit den spät Tracheotomierten hinsichtlich verschiedener OP-Indikationen in ähnlicher Weise gegenübergestellt wurden, konnten im Rahmen der Literaturrecherche keine gefunden werden.

In einer retrospektiven Arbeit von Goettler et al. [12] wurden Traumapatienten hinsichtlich prädiktiver Faktoren für den Bedarf an einer Tracheotomie während des Intensivaufenthalts untersucht. Zweck der Studie war es, Patienten, die im Verlauf eine Tracheotomie benötigen, anhand einiger klinischer Faktoren frühzeitig erkennen und unnötige Frühtracheotomien vermeiden zu können. Die statistisch signifikanten Risikofaktoren waren höheres Alter, ein größerer Injury Severity Score, Vorliegen einer „Damage control Laparotomy“, Kraniotomie, Vorhandensein eines Hirndruckmonitors, ein niedrigerer Glasgow Coma Scale 24 Stunden nach Aufnahme, ein niedrigerer PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> Quotient, eine Laparotomie, ein höherer Anatomic Injury Score für den Kopf, ein höherer Body Mass Index, ein höherer positiver endexpiratorischer Druck, ein niedrigerer Revised Trauma Score, ein niedrigerer Glasgow Coma Scale bei Aufnahme, das Vorliegen zervikaler Wirbelsäulenfrakturen, Paralyse egal welcher Höhe, das Vorliegen und die Lokalisation von Rippenfrakturen, die Zahl der Rippenfrakturen sowie das Vorliegen einer Lungenkontusion. Aus dieser Liste von Risikofaktoren für eine Tracheotomie kann ersehen werden, dass die in unserer anästhesiologischen Intensivstation behandelten neurochirurgischen Patienten, welche überwiegend Patienten mit Schädelverletzungen oder intrakraniellen Blutungen sind, sehr gut in dieses Schema passen. Oft lagen nach persönlicher Erfahrung der behandelnden Ärzte – welche an dieser Stelle leider nicht mit Zahlen untermauert werden kann – eine Kraniotomie, ein Hirndruckmonitoring, niedrige Glasgow Coma Scales, Kopfverletzungen und bzw. oder zervikale Wirbelsäulenverletzungen vor. Die Studie von Goettler et al. wurde 2006 veröffentlicht, im gleichen Jahr in dem die Datenbasis zur vorliegenden Arbeit endet. Dennoch zeigen sich Parallelen in der Auswahl der Patienten für die Frühtracheotomie zur Schlussfolgerung von Goettler et al.: „Wir empfehlen, dass Patienten mit einem Risiko [im Verlauf des Intensivaufenthalts tracheotomiepflichtig zu werden] von  $\geq 90\%$  einer Tracheotomie unterzogen werden und dass es in der Gruppe mit einem Risiko von  $\geq 80\%$  in Betracht gezogen wird, mit dem Zweck einer potenziell verringerten Morbidi-

tät, erhöhtem Patientenkomfort und optimierter Ressourcennutzung“ [12]. Zumindest bei den neurochirurgischen Patienten kam die klinische Entscheidungsfindung durch die behandelnden Ärzte dieser Empfehlung sehr nahe. Sicherlich ist es auch im Zusammenhang gesehen wahrscheinlich, dass ein Schädel-Hirn-Trauma-Patient mit niedrigem Glasgow Coma Scale und großen Hirnschädigungen und Hirndruck über eine lange Zeit beatmet werden muss und dass längeres Zuwarten mit der Tracheotomie kaum einen Vorteil erbringen wird.

Anders bei den abdominalchirurgischen Patienten. Hier zeigte sich auf unserer Intensivstation die Notwendigkeit der Langzeitbeatmung offenbar erst im späteren Verlauf, z. B. nach mehrfacher perioperativer Intubation, Nachbeatmung und Extubation bei wiederholten Re-Laparotomien, oder die Notwendigkeit einer Beatmung trat überhaupt erst später – beispielsweise im Rahmen septischer Komplikationen der Abdominalchirurgie – auf. In der Literatur wird aus diesem Grund teilweise auch zwischen „primären“ und „sekundären“ Tracheotomien unterschieden. Bei ersteren steht schon früh fest, dass der Patient lange beatmungspflichtig sein wird, bei letzteren zeigt sich die Langzeitbeatmungspflicht im Verlauf.

Einheitliche Entscheidungsrichtlinien oder Prädiktoren für Langzeitbeatmungspflicht bei allgemein-intensivmedizinischem Patientengut scheinen bislang nicht zu existieren; lediglich für spezielle Gruppen wie Trauma- [12], Verbrennungspatienten und solche mit supratentorieller Blutung existieren neuere Arbeiten zu frühen Prädiktoren für eine Langzeitbeatmungspflicht oder die Notwendigkeit der Tracheotomie. Dadurch könnte sich auch der geringe Unterschied der frühen bzw. späten Tracheotomie bei den nicht neurochirurgischen und nicht abdominalchirurgischen Patienten erklären. Allein die Einschätzung des behandelnden Arztes zur Schwere der respiratorischen Problematik zu Beginn und im Verlauf auftretende Schwierigkeiten beim Weaning und andere Komplikationen konnten als Entscheidungskriterium dienen, wobei anzunehmen ist, dass diese Kriterien und deren Einschätzung individuell von Patient zu Patient und von Arzt zu Arzt innerhalb der einzelnen operativen Fachabteilungen variierten. Auch in den meisten Studien zur Praxis der Tracheotomie wurden die Patienten, welche tracheotomiert werden sollten, anhand der klinischen Erfahrung der behandelten Ärzte ausgewählt. Kurz soll in diesem Zusammenhang nochmals die multizentrische Datenbankanalyse von Freeman et al. [8] erwähnt werden. Sie fanden Beatmungsdauern vor Tracheotomie von im Median 8 Tagen für Patienten mit respiratorischen Diagnosekategorien, 9 Tagen für neurologische und 7 Tagen für Traumapatienten. Patienten mit kardialen (11 Tage im Median), gastrointestinalen Erkrankungen (14 Tage) und Sepsis (13 Tage) wurden vergleichsweise eher später dilatativ tracheotomiert. Dies ähnelt den Ergebnissen unter unseren Patienten, wenngleich die Einteilung nach Diagnosegruppen und nicht nach OP-Indikationen vorgenommen wurde. Insgesamt wurde bei Freeman et al. etwas später tracheotomiert. Bei Möller et al. [18] fielen Traumapatienten-

ten, wie bereits erwähnt, auch mit 65 % vs. 49 % überzufällig häufig in die frühe Gruppe (Tag 5 bis 7 nach Beatmungsbeginn), bei den neurochirurgischen, neurologischen und allgemeinchirurgischen Patienten zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Verteilung der Patienten. Dafür wurden Herz-Thorax-Chirurgische Patienten überzufällig häufig spät tracheotomiert.

Zusammenfassend gestaltet sich auch bei den Haupterkrankungen bzw. OP-Indikationen ein Vergleich problematisch, da die Zusammensetzung des gesamten Patientenguts stark von den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten der Kliniken und der Staaten im internationalen Vergleich abhängt, verschiedene Studiendesigns vorliegen und in jeder Studie wiederum verschiedene Angaben und Einteilungen gemacht wurden.

### **Notfall- vs. Elektiveingriff als Haupteinweisungsgrund**

Da keine der neueren nicht-randomisierten Arbeiten dieses Kriterium in den Gruppencharakteristika früh vs. spät angibt, ist ein Vergleich mit Literaturwerten nicht möglich. Die Gruppenunterschiede in unserer Studienpopulation sind ohnehin nicht statistisch deutlich. Dennoch zeigt sich eine gewisse Tendenz. Notfallmäßig Operierte wurden tendenziell eher früh tracheotomiert, während Patienten nach Elektiveingriffen eher spät tracheotomiert wurden. Im Prinzip bestätigt diese Tendenz das, was in Anbetracht des zuvor gesagten ohnehin zu erwarten war. Unter den Notfallpatienten befanden sich beispielsweise auch die meisten der neurochirurgischen Patienten, Polytraumapatienten usw., womit eine Verschiebung zur frühen Gruppe hin zu erwarten war. Außerdem werden für gewöhnlich nur kardiorespiratorisch stabile Patienten einem Elektiveingriff unterzogen, sodass bei diesen Patienten entweder die Notwendigkeit der Langzeitbeatmung erst durch einen schlechten klinischen Verlauf später abzusehen war oder auf Basis der primären kardiorespiratorischen Stabilität eher zugewartet wurde, weil eine baldige Extubation erhofft wurde. Bei Flaatten et al. [7] finden befinden sich die geplanten Aufnahmen im Vergleich zwischen der Tracheotomie- und der nicht-tracheotomierten, jedoch für > 24 Stunden beatmeten Gruppe interessanterweise eher in der tracheotomierten Gruppe, wobei auch hier kein statistisch signifikanter Unterschied vorliegt. Beim Vergleich zwischen der früh und der spät Tracheotomierten Gruppe gibt diese Arbeitsgruppe ebenfalls keine Zahlen zur Notfall- bzw. Elektivindikation an.

### **Vorerkrankungen und deren Anzahl**

Keine der nicht-randomisierten Arbeiten, die die frühe mit der späten Tracheotomie vergleichen, gibt eine ähnlich große Anzahl an Vorerkrankungen als Gruppencharakteristikum früh vs. spät an. Möller et al. [18] erfassten unter ihrem gemischt-chirurgischen Patientengut neben den zuweisenden chirurgischen Fachabteilungen auch das Vorliegen der Nebenerkrankungen COPD, Diabetes, chronisches Herzversagen und chronisches

Nierenversagen. Dabei zeigte sich insbesondere ein statistisch signifikanter Unterschied dahingehend, dass der Anteil der COPD-Patienten an der frühen Gruppe ( $\leq 7$  Tage nach Aufnahme) mit 12% drei mal so groß war wie der Anteil an der späten Gruppe ( $> 7$  Tage) mit 4%. Die Gruppenunterschiede bei den anderen Nebenerkrankungen waren nicht signifikant, jedoch waren Diabetes-Patienten mit 6% gegenüber 2% der Gruppe tendenziell eher in der frühen Gruppe, Patienten mit chronischem Herzversagen tendenziell eher in der späten Gruppe (0 gegenüber 4%) vertreten. Die Tendenz, COPD- und Diabetespatienten eher früh zu tracheotomieren, fand sich auch in unseren Ergebnissen wieder, wenngleich die Gruppenunterschiede früh vs. spät geringer ausfielen und bei keinen der Vorerkrankungen ein statistisch deutlicher Unterschied vorlag. Bei den Patienten mit Myokardinsuffizienz lag im Gegensatz zu Möller et al. überhaupt kein Gruppenunterschied vor.

Auch die Auswertung der Anzahl an Vorerkrankungen ergab nicht den geringsten Unterschied im Hinblick auf die Gruppenzuordnung früh vs. spät. Arbeiten, die die Zahl der Vor- bzw. Nebenerkrankungen als Entscheidungskriterium herausstellten oder zwischen früher und später Tracheotomie verglichen, konnten im Rahmen der Literaturrecherche nicht identifiziert werden.

In Ermangelung weiterer Vergleichswerte zu den Vorerkrankungen ist eine Interpretation nur vage möglich. Es scheint eine generelle Tendenz zur Frühtracheotomie von COPD-Patienten zu geben, was klinisch betrachtet zunächst sinnvoll erscheint, da diese in der Regel eher respiratorisch eingeschränkt sind als solche ohne COPD. Möglicherweise könnten in weiteren Studien anhand von Vorerkrankungen zusätzliche Subgruppen identifiziert werden, die von einer (frühen) Tracheotomie besonders profitieren, sodass die Zuordnung der Patienten zur frühen bzw. späten Gruppe sich in der Zukunft eventuell weniger zufällig präsentieren könnte. Zumindest aus praktischen Überlegungen heraus erscheint ein Miteinbeziehen der Vorerkrankungen in die Entscheidungsfindung als allgemeine Risikofaktoren für die zukünftige Praxis sinnvoll.

### **Erkrankungsschwere: SAPS II und SOFA**

Die Schwere der Erkrankung der betrachteten Patienten am Tag der Tracheotomie wurde in der vorliegenden Arbeit anhand der intensivmedizinischen Scores SAPS II und SOFA gemessen. Während sich beim SOFA kein Unterschied zwischen der frühen und der späten Gruppe nachweisen ließ, lag ein statistisch deutlicher Unterschied zwischen der frühen und der späten Gruppe bezüglich des SAPS II vor. Die früh tracheotomierte Gruppe war also zum Tracheotomiezeitpunkt – an den SAPS-II-Kriterien gemessen – weniger schwer erkrankt. Die Diskrepanz zum Ergebnis bei den SOFA-Werten lässt sich am ehesten durch die verschiedenen Kriterien von SAPS II und SOFA erklären; in den SAPS II fließen mehr beatmungsrelevante Werte (Blutgasanalyse, Infektparameter) ein. Die Bewertung im SAPS II ist deutlich differenzierter als im SOFA und

in den SAPS II fließen auch das Alter und die Aufnahmekategorie (Notfall-Eingriff, internistisch, Elektiveingriff), welche schon zuvor besprochen wurden, ein.

Bei Flaatten et al. betrug der SAPS II im Mittel 44,4 in der frühen und 48,3 in der späten Gruppe, die statistische Testung fiel hier statistisch nicht signifikant aus ( $p=0,06$ ) [7]. Die absoluten Werte des SAPS II früh vs. spät sind bei Flaatten den unseren sehr ähnlich, unsere Beobachtung stimmt mit dieser Beobachtung praktisch überein.

Auch bei Möller et al. [18] war die spät tracheotomierte Gruppe signifikant schwerer erkrankt. Hier wurde jedoch der APACHE II Score ausgewertet. Die frühe Gruppe hatte einen Scorewert von 21,7 im arithmetischen Mittel, die späte 24,0. Hinsichtlich der auszuwertenden Charakteristika ist der APACHE II Score dem SAPS II sehr ähnlich. Zusätzlich werden beim APACHE II weitere Vorerkrankungen berücksichtigt. Ein direkter Vergleich ist damit zwar nicht möglich, sinngemäß können die Angaben von Möller et al. jedoch ebenfalls als mit unseren Beobachtungen übereinstimmend gewertet werden.

Die Ursachen für die Tendenz zur späteren Tracheotomie bei generell schwerer Erkrankten könnten darin liegen, dass bei Patienten, bei denen die Tracheotomie erst später durchgeführt wurde, eher aufgrund eines schlechteren klinischen Verlaufs die Langzeitbeatmung respektive Tracheotomie notwendig wurde und nicht schon frühzeitig ersehen werden konnte. Diese Hypothese ließe sich auch mit den weiter oben diskutierten Beobachtungen bei den operativen Fachgebieten in Einklang bringen. Andererseits wäre es möglicherweise von Nutzen, solche Patienten frühzeitiger erkennen und tracheotomieren zu können.

### **Positiver mikrobiologischer Befund aus den Atemwegen**

Dieses Charakteristikum war von internem Interesse und konnte ebenfalls in keiner der methodisch vergleichbaren Arbeiten zu diesem Thema gefunden werden.

Da einige Autoren, darunter die hier mehrfach zitierten Arbeiten von Möller et al. [18] und Rumbak et al. [22], bei früh tracheotomierten Patienten geringere Pneumonieraten fanden als bei spät tracheotomierten, sollte einerseits ausgeschlossen werden, dass die kürzere Intensivaufenthaltsdauer der früh tracheotomierten Patienten dadurch bedingt ist, dass die schwieriger vom Respirator zu entwöhnenden Patienten mit Infektionen spät tracheotomiert wurden (das Gegenteil war der Fall); andererseits war es für die Evaluation der eigenen Entscheidungskriterien von Interesse, ob Patienten mit nachgewiesener Infektion früher einer Tracheotomie unterzogen worden waren als solche ohne Infektion. Da der Unterschied nicht statistisch deutlich ausfiel, kann keine klare Aussage getroffen werden. Jedoch scheint eine Tendenz dahin zu bestehen, Patienten, die eine nachgewiesene Infektion der Atemwege haben, früher zu tracheotomieren. Dies begründet sich aller Wahrscheinlichkeit nach in der individuellen Einschätzung

der behandelnden Ärzte und der Wichtung der Infektion bei der Abschätzung der Weaning-Problematik.

#### **4.1.4 Ergebnisse aller tracheotomierten Patienten**

Die Beantwortung der Fragestellungen zum Outcome der Patienten war einer der Kernpunkte der vorliegenden Arbeit. Die Ergebnisse sollen im Folgenden mit der Literatur verglichen und die Bedeutung für die klinische Praxis, sowohl auf unserer anästhesiologischen Intensivstation als auch insgesamt, zurückblickend diskutiert werden.

##### **Letalität gesamt**

Von den 248 dilatativ tracheotomierten Patienten verstarben 61 (25 %) während des Intensivaufenthalts. Bei Flaatten et al. [7] verstarben vergleichsweise deutlich weniger der tracheotomierten Intensivpatienten. Die angegebene Intensiv-Letalität beträgt hier 10,8 %. Frutos-Vivar et al. [11] geben in ihrer multinationalen Studie eine Intensivsterblichkeit der tracheotomierten Patienten von 20 % an und die besonders vielzitierte prospektiv-randomisierte Arbeit von Rumbak et al. [22] gibt eine Intensivletalität von 31,7 % für die früh tracheotomierte und von 61,7 % für die spät tracheotomierte Gruppe an. Verglichen mit letzterer Arbeit erscheint die Letalität auf unserer Intensivstation überaus gering, während auf den Stationen der anderen Arbeitsgruppen weniger Patienten verstarben. Diese großen Unterschiede in den Literaturangaben lassen sich am ehesten durch die Verschiedenheit der Patientenkollektive und der örtlichen Gegebenheiten erklären, nicht jedoch durch die Erkrankungsschwere insgesamt: Die exemplarischen Vergleichswerte des SAPS II aus der Studie von Flaatten et al. sind, wie zuvor besprochen, denen unseres Patientenguts sehr ähnlich. Dennoch zeigten sich große Unterschiede bei der Letalität.

##### **Perioperative Komplikationen der dilatativen Tracheotomie**

30 (12 %) der 248 auf unserer Intensivstation untersuchten Patienten zeigten perioperative Komplikationen der dilatativen Tracheotomie. Die Literaturwerte zu Gesamtkomplikationsraten schwanken enorm, nicht nur zwischen den verschiedenen Techniken der dilatativen Tracheotomie. Diese Schwankungen sind vermutlich zu einem großen Teil der Problematik der subjektiven Komplikationsbewertung geschuldet: Wann ist eine Blutung eine Komplikation, wann ein gewöhnlicher perioperativer Blutverlust? Wo liegt die Grenze zwischen peristomaler Reizung und Wundinfektion? Eine aktuelle Metaanalyse von 14 Studien zum Vergleich zwischen chirurgischer und dilatativer Tracheotomie aus den Jahren 1999 bis 2005, welche hier aufgrund der relativ breiten Datenbasis zum Vergleich herangezogen werden soll, beziffert die Häufigkeit von „frühen“ Komplikationen der dilatativen Tracheotomie (innerhalb von 2 Wochen)

mit 20 % unter Betrachtung aller prospektiven Studien und mit 26 % unter Betrachtung der kontrolliert-randomisierten Studien [20]. Eine deutsche Arbeit speziell zur auf unserer anästhesiologischen Intensivstation angewandten PercuTwist<sup>®</sup>-Technik unter herzchirurgischen Intensivpatienten zeigte bei 16 untersuchten Patienten 3 Fälle von Komplikationen, davon eine „leicht“, eine „mittelschwer“, eine „schwer“ [17]. Dies entspricht einer Gesamtkomplikationsrate von 0,18. Da eine enorme Vielzahl von Studien zu den Komplikationsraten der verschiedenen Techniken der PDT mit unterschiedlichen Ergebnissen veröffentlicht worden ist, besteht diesbezüglich offenbar Dissens. Mit Sicherheit kann jedoch festgestellt werden, dass die Komplikationsraten auf unserer anästhesiologischen Intensivstation sich im Rahmen der Vergleichswerte bewegten und – im Vergleich zu den beiden exemplarisch genannten neueren Studien – eher im niedrigeren Bereich liegen. Im untersuchten Zeitraum 2003 bis 2006 ist kein Patient an Tracheotomiekomplikationen verstorben.

Die dilatative Tracheotomie in der PercuTwist<sup>®</sup>-Technik ist mithin auch auf unserer Station eine mit den Literaturwerten vergleichbar sichere Methode.

#### **4.1.5 Ergebnisse früh vs. spät**

##### **Letalität und Komplikationen früh vs. spät**

Vergleicht man die bereits zuvor betrachtete Letalität während des Intensivaufenthalts und die Komplikationsrate zwischen der frühen und der späten Gruppe auf unserer Intensivstation, findet man keinen statistisch deutlichen Unterschied.

Die letztere Beobachtung erscheint primär offensichtlich. Dagegen könnte jedoch argumentiert werden, dass zu erwarten gewesen wäre, dass die tendenziell schwerer erkrankten Patienten der späten Gruppe möglicherweise häufiger Komplikationen wie Blutung aufgrund eingeschränkter Gerinnung hätten haben können. Im Gegensatz dazu sind wiederum Überlegungen möglich, dass die früher tracheotomierten häufiger Komplikationen aufweisen könnten, da weniger Zeit zur Vorbereitung, Planung und Elimination komplikationsträchtiger Umstände zur Verfügung steht. Keine der beiden widersprüchlichen Überlegungen konnte in dieser Arbeit bestätigt werden. Andere Arbeiten, die explizit die perioperativen Komplikationsraten zwischen früher und später Tracheotomie vergleichen, konnten nicht gefunden werden.

Hinsichtlich der Letalität im Vergleich der früh und spät tracheotomierten Patienten gibt es eine Reihe aktueller Vergleichsarbeiten, ebenso zur ICU-Liegedauer. Diese Größen eignen sich sehr gut als Zielgrößen einer Studie und sind entsprechend häufig in der Literatur zu finden. Die einzelnen Vergleichsarbeiten werden später im Zusammenhang mit den anderen erfassten Größen behandelt.



## **Intensivaufenthaltsdauer, Rekanülierungen, Weaning-Dauer**

Auf unserer Intensivstation war die ICU-Liegedauer die einzige bestimmte Zielgröße zum Outcome, deren Testung einen statistisch deutlichen Unterschied zeigte. Dabei war der gemessene Unterschied auch überaus klinisch relevant: Die im Median 12 Tage längere Liegedauer der spät tracheotomierten Patienten kann nicht allein durch den Zeitunterschied bis zur Tracheotomie entstanden sein, welcher nur 5 Tage im Median betrug.

Da sich schon in den ersten Berechnungen zeigte, dass die Intensiv-Aufenthaltsdauer einen statistisch deutlichen Unterschied aufwies, sollte auch in der vorliegenden Arbeit untersucht werden, ob die kürzere Aufenthaltsdauer mit anderen Zielgrößen im Zusammenhang steht. Daher wurden auch die Anzahl der dekanüliert Entlassenen sowie die Häufigkeit von Rekanülierungen (als Maß für fehlgeschlagene Weaning-Versuche) und die Dauer von der Tracheotomie bis zur Dekanülierung (als Maß für die Weaning-Dauer) näher untersucht. Zwar fand sich unter diesen untersuchten Größen kein statistisch deutlicher Unterschied, jedoch zeigte sich eine gewisse Tendenz zur häufigeren Entlassung mit liegender Trachealkanüle bei der frühen Gruppe und die Weaning-Dauer war in der früh tracheotomierten Gruppe um drei Tage kürzer. Die kürzere Intensivliegedauer der früh tracheotomierten könnte in der Zusammenschau dieser Ergebnisse durch einen summatorischen Effekt entstanden sein: Einerseits konnten Patienten mit liegendem Tracheostoma (wenngleich nur tendenziell) schneller in frührehabilitative Einrichtungen verlegt werden, andererseits dauerte auch bei denjenigen, die nicht verlegt worden waren, das Weaning insgesamt etwas kürzer. Es kann aufgrund der fehlenden statistischen Deutlichkeit davon ausgegangen werden, dass weitere in diesem Zusammenhang nicht untersuchte Effekte wie z. B. bessere Mobilisation, frühere Reduktion der Analgosedierung und geringere Beatmungskomplikationen möglicherweise zusätzlich eine Rolle spielen und somit in der Summe die deutlich kürzere Intensivaufenthaltsdauer erklären könnten.

## **Vergleich mit Literaturangaben und Bewertung**

In der Einleitung wurden bereits einige Arbeiten erwähnt, welche hier noch einmal detaillierter mit unseren Ergebnissen verglichen werden sollen. Flaatten et al. [7] analysierten Routinedaten von 461 gemischt internistisch-chirurgischen Patienten retrospektiv. Sie definierten eine Tracheotomie als früh, wenn sie spätestens am 6. Tag (Median der Dauer bis zur Tracheotomie) nach Aufnahme auf die Intensivstation stattfand. Sowohl dilatative als auch konventionell chirurgische Tracheotomien wurden erfasst. Es zeigte sich, dass die früh tracheotomierte Gruppe eine signifikant kürzere Intensivaufenthaltsdauer (6,8 vs. 12,7 Tage) und kürzere Beatmungsdauer (4,7 vs. 14,7 Tage) aufwies. Nicht signifikant waren die Ergebnisse zu den erfassten Sterbeziffern (ICU-

Aufenthalt, Krankenhausaufenthalt, 90-Tages-Mortalität, 1-Jahres-Mortalität). Möller et al. [18] arbeiteten retrospektiv mit chirurgischem Intensivpatientengut ( $n=185$ ). Als frühe Tracheotomie wurden solche definiert, die spätestens am 7. Tag nach Beatmungsbeginn (Intubation) stattfanden. Die frühe Gruppe wies insbesondere eine signifikant kürzere Intensiv- und Krankenhausaufenthaltsdauer sowie eine kürzere Beatmungsdauer und weniger beatmungsassoziierte Pneumonien auf. Als nicht signifikant erwiesen sich hier die Outcome-Daten zur Häufigkeit des ARDS und Lungenverletzung. Weitere Charakteristika aus den beiden vorgenannten Arbeiten im Gruppenvergleich wurden bereits zuvor erwähnt. Diese beiden Arbeiten ähneln methodisch der vorliegenden, weshalb sich ein Vergleich hier leichter gestaltet. Die Grenze zwischen früher und später Tracheotomie lag im gleichen Zeitraum (wenngleich einmal nach Aufnahme und einmal nach Intubation gerechnet) und es wurde ebenfalls retrospektiv mit mehr oder weniger gemischtem Patientengut gearbeitet. Die Unterschiede hinsichtlich der Beatmungsdauer frühe vs. späte Tracheotomie fielen dabei deutlicher aus als für die in der vorliegenden Arbeit bestimmte Dauer von Tracheotomie bis Dekanülierung. Dies unterstreicht in Zusammenschau mit der geringeren beatmungsassoziierten Pneumonierate bei Möller et al. [18] zusätzlich die Vermutung einer multifaktoriellen Genese der kürzeren Beatmungs- und Intensivaufenthaltsdauer bei früh tracheotomierten Patienten. Die multizentrische prospektiv-randomisierte Studie unter 120 internistischen Intensivpatienten von Rumbak et al. [22] definiert die frühe Tracheotomie (unter Patienten, bei denen eine voraussichtliche Beatmungsdauer von  $> 14$  Tagen angenommen wurde) als früh nach einer Beatmungsdauer von 48 Stunden, als spät zwischen dem 14. und 16. Tag. Außer einer ebenfalls signifikant kürzeren Intensivliegedauer und Beatmungsdauer bei den Frühtracheotomierten fanden sich weitere signifikante Größen: geringere Pneumonierate, geringere Letalität und weniger Tage unter Sedierung. Der Vergleich früh vs. spät der kumulativen Tage unter Hochdosis-Pressoren und der Vergleich der Häufigkeit von Trachealstenosen fiel nicht signifikant aus. Aufgrund des randomisierten Studiendesigns kann angenommen werden, dass diese Unterschiede tatsächlich durch die Tracheotomie, bzw. die damit verbundenen begleitenden Umstände, bedingt waren. Da allerdings ausschließlich internistisches Patientengut betrachtet wurde, ist eine weitere Verallgemeinerung nicht bedenkenlos möglich. Die große multizentrische Datenanalyse von Freeman et al. [8] mit 2.473 tracheotomierten Patienten ergab hinsichtlich des Outcomes früher ( $\leq 5$  kumulative Beatmungstage) gegenüber später Tracheotomie ( $\geq 14$  kumulative Beatmungstage) signifikant kürzere Beatmungs-, Intensivaufenthalts- und Krankenhausaufenthaltsdauern. Für diese Größen ergaben sich eine starke lineare Korrelation. Auch für die Beatmungs- Intensivaufenthalts- und Krankenhausaufenthaltsdauer nach der Tracheotomie ergaben sich signifikante Unterschiede Gruppenvergleich früh vs. spät, jedoch mit geringerer linearer Korrelation. Sterbeziffern, Komplikationen etc. wurden bei Freeman et al. nicht im Gruppenvergleich ausgewertet.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass eine Vielzahl von teilweise großen und methodisch unproblematischen Studien belegt, dass eine frühe Tracheotomie eine kürzere Intensivaufenthaltsdauer nach sich zieht, wenngleich die Definitionen „früh“ und „spät“ stark variieren. Dass die Dauer zwischen der dilatativen Tracheotomie und der Dekanülierung im Gegensatz zur Beatmungsdauer insgesamt bzw. der Beatmungsdauer nach Tracheotomie (Freeman et al.) in der vorliegenden Arbeit nicht statistisch deutlich ausfiel, könnte an der Wahl des Endpunktes (Dekanülierung) liegen: Möglicherweise wurde die Trachealkanüle mitunter länger belassen als die Beatmung andauerte, um im Falle eines Wiedereintretens der Beatmungspflicht den bereits vorhandenen Zugang nutzen zu können. Andererseits könnte für tracheotomierte Patienten ein aggressiveres Weaning-Schema von Vorteil sein. Leider konnten in der Literatur keine Vergleichswerte zur Anzahl der mit liegender Trachealkanüle entlassenen Patienten gefunden werden; möglicherweise sind hier durch die entstehende Stichprobenverzerrung (nur Dekanülierungen auf unserer Station wurden erfasst) weitere Ansätze im Hinblick auf die Weaning-Dauer zu suchen. Die ebenfalls in der Einleitung kurz angeschnittene Arbeit von Hsu et al. [15] beurteilte retrospektiv den Weaning-Erfolg bei 163 tracheotomierten internistischen Intensivpatienten. Erfolgreiches Weaning war erreicht, wenn ein Patient mindestens 72 Stunden ohne mechanische Beatmung auskommen konnte. Weitere Daten zu klinischen Charakteristika, Intensivaufenthaltsdauer, Pneumonieraten nach Tracheotomie und Letalität wurden erfasst. Es zeigte sich, dass die Rate der erfolgreichen Weaningversuche etwa ab 21 Tagen Intubation vor Tracheotomie abnahm, umgekehrt nahm die Letalität etwa ab derselben Intubationsdauer zu, weshalb die Grenze zwischen früher und später Tracheotomie bei 21 Tagen Intubationsdauer gesetzt wurde. Hinsichtlich des Vergleichs der frühen mit der späten Tracheotomie ergab diese Studie einen signifikant höheren Anteil an erfolgreichen Weaningversuchen, eine signifikant geringere Letalität des Intensivaufenthalts, signifikant kürzere Intensivaufenthaltsdauern nach Tracheotomie (mit starker linearer Korrelation) und Weaning-Dauern für die frühe Gruppe. Nicht signifikant waren im Gruppenvergleich früh vs. spät die Krankenhaus-Aufenthalts-Letalität und die Häufigkeit von Pneumonien während der Weaningphase. Diese Studie wurde insbesondere nochmals zum Vergleich herangezogen, weil sie sich mit dem erfolgreichen Weaning nach Tracheotomie befasste. Unsere Definitionen des fehlgeschlagenen Weanings (Rekanülierung) und „früh“ vs. „spät“ unterschieden sich deutlich von der von Hsu et al., dennoch fiel hier ebenfalls die Tendenz zum schnelleren Weaning der früh tracheotomierten auf, bei Hsu et al. im Gegensatz zur vorliegenden Arbeit sogar signifikant. Dass die Pneumonieraten im Vergleich früh vs. Spät im Gegensatz zu den vorgenannten Studien bei Hsu et al. nicht signifikant ausfiel kann daran liegen, dass die Beatmungsdauer als solche schon für sich genommen ein Risikofaktor für die ventilatorassoziierte Pneumonie ist und bei dem späten Cut-Off von Hsu et al. deshalb im Gegensatz zu den früheren Cut-Offs ein entsprechender Stichprobenfehler

vorlag. Vergleiche sind mit dieser Studie aufgrund ihrer stark von den anderen Studien verschiedenen Arbeitsweise nur eingeschränkt möglich.

Interessanterweise fanden alle vorgenannten Arbeitsgruppen außer Flaatten et al., soweit erfasst, geringere Intensivletalitäten in der früh tracheotomierten Gruppe, was sich in unserem Patientenkollektiv nicht nachvollziehen ließ. Dass gerade auch die Studie von Flaatten et al., welche methodisch der vorliegenden stark ähnelt, keinen signifikanten Unterschied aufwies, weist darauf hin, dass die Wahl des Medians als Grenze zwischen „früh“ und „spät“ eine Rolle spielen könnte. Möglicherweise fällt der Effekt hinsichtlich der Letalität um so stärker aus, je mehr zeitlicher Abstand zwischen den Gruppen liegt, wie es das Vorliegen signifikanter Unterschiede bei denjenigen bisher erwähnten Studien, bei denen einige Zeit zwischen der frühen und späten Gruppe liegt, vermuten lässt. Für die Intensivaufenthaltsdauer wurde genau dieser Effekt sowohl von Freeman et al. [8] als auch von Hsu et al. [15] anhand der starken linearen Korrelationen nachgewiesen, leider wurden entsprechende Berechnungen von beiden Arbeitsgruppen nicht für die Letalität durchgeführt. Hinsichtlich der Auswirkungen der frühen bzw. späten Tracheotomie (und deren Folgen und Begleitumstände) auf die Intensivletalität bleibt die Datenlage mithin unklar. Dies unterstreicht nochmals die ältere prospektiv-randomisierte Studie von Sugerman et al. [23] unter 157 Intensivpatienten von 5 verschiedenen Traumazentren: die frühe Gruppe (Tag 3 bis 5 nach Intubation) hatte wie auch wie die späte (Tag 10 bis 14 nach Intubation) keine signifikanten Vorteile hinsichtlich Intensivaufenthalt, Pneumonierate oder Sterbeziffern gegenüber der Gruppe mit dauerhafter Intubation.

Die Vergleichsmöglichkeiten bleiben hier jedoch ebenfalls aufgrund der verschiedenen Herangehensweise, des Alters der Studie (1997) und der damit zusammenhängenden Unterschiede in Technik und Umgang mit der Tracheotomie limitiert. Zudem ist die Studie von Sugerman et al. die einzige, die keinen Vorteil der frühen Tracheotomie hinsichtlich der Intensivaufenthaltsdauer beschreibt.

Die Mehrzahl der Studien steht im Einklang mit unseren Ergebnisse und liefert darüber hinaus Anhaltspunkte für die Genese der kürzeren Intensivaufenthaltsdauer bei früh tracheotomierten Patienten.

## **4.1.6 Dosierung von Sedativa, Analgetika und Katecholaminen**

### **Sedativa und Analgetika**

Die mehrfach erwähnte Arbeit von Rumbak et al. [22] lässt bereits anhand des überaus deutlichen Unterschieds zwischen der frühen und späten Gruppe hinsichtlich der Tage unter Sedierung (3,2 vs. 14,1 Tage) vermuten, dass nach der Tracheotomie die Sedierung schnell reduziert werden konnte.

Zwei wichtige in der Einleitung bereits kurz angeschnittene Arbeiten befassten sich aus-

fürlich mit dem Bedarf an Sedativa und Analgetika vor und nach Tracheotomie. Veelo et al. [24] beobachteten in ihrer Retrospektivstudie unter 117 gemischt chirurgisch-internistischen tracheotomierten Intensivpatienten schon vor der Tracheotomie einen deutlichen Rückgang der Dosen der untersuchten Wirkstoffe Morphin, Midazolam und Propofol, sodass im Vergleich des Zeitraums von 2 Tagen vor und nach Tracheotomie kein deutlicher Rückgang der Dosen nach der Tracheotomie beobachtet werden konnte. Allerdings fiel der Unterschied signifikant aus, wenn der Zeitraum von einer Woche vor und nach Tracheotomie betrachtet wurde, was den Autoren jedoch angesichts des bereits im Zeitraum vor Tracheotomie beobachteten Rückgangs der Dosierung als für die Interpretation offenbar nicht sinnvoll erschien. Darüber hinaus wurde der Median der Zeit von Beatmungsbeginn bis zur Tracheotomie als Grenze zwischen Früh- und Spättracheotomie verwandt, um mögliche Unterschiede zwischen diesen Gruppen zu erfassen. Diese Unterschiede waren nicht signifikant. Allerdings wiesen die nicht-chirurgischen und akut-chirurgischen Patienten signifikant insgesamt höhere Dosen als die elektivchirurgischen Patienten auf. Dabei zeigte sich jedoch kein Unterschied zwischen den Gruppen der Aufnahmeindikation hinsichtlich des Dosierungsverlaufs [24]. Anzumerken ist zur Arbeit von Veelo et al., dass relativ unkonventionelle Rechnungen durchgeführt wurden. So wurde der Dosierungsverlauf als Quotient aus Tagesdosis dividiert durch die durchschnittliche Tagesdosis im jeweils untersuchten Zeitraum dargestellt. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Veelo et al. fanden Nieszkowska et al. [19] in ihrer ebenfalls retrospektiven Betrachtung von 72 tracheotomierten Patienten einen statistisch deutlichen Rückgang der (nicht gewichtsadaptierten) Tagesdosen von Fentanyl und Midazolam, sowohl im Zeitraum von 7 Tagen vor bzw. nach Tracheotomie als auch im Zeitraum von 2 Tagen vor bzw. nach Tracheotomie. Dagegen zeigten die Dosen von oral verabreichtem Chlorazepat und Haloperidol keinen signifikanten Unterschied vor vs. nach Tracheotomie. Weiterhin nahm die Zeit unter tiefer Sedierung bei einem SAS von 1 oder 2 signifikant ab, die Zeit unter leichter bzw. ohne Sedierung (SAS 3 bis 5) nahm, sowohl über 3 Tage als auch über 7 Tage vor bzw. nach Tracheotomie betrachtet, signifikant zu. Die Zeit unter starker Agitation zeigte keinen signifikanten Unterschied vor vs. nach Tracheotomie. Letztlich wurde bei einigen Patienten eine teilweise orale Ernährung möglich und einige Patienten konnten in einen Stuhl mobilisiert werden.

Unsere Ergebnisse bestätigen weitgehend die Beobachtungen von Nieszkowska et al., jedoch wurden in der vorliegenden Arbeit gewichtsadaptierte Tagesdosen ausgewertet, um eine übermäßige Gewichtung von größeren bzw. adipösen Individuen auszuschließen. Wir mittelten diese Werte für den Vergleich vor vs. nach Tracheotomie über 3 statt über 2 Tage, um zufällige Schwankungen besser ausgleichen zu können, jedoch zeigt sich in der Verlaufsdarstellung, dass auch in den 2 Tagen vor Tracheotomie die gegebenen Dosen von Propofol nur minimal im Verlauf abnahmen: 34,3 mg/(kg · d) am

Tag -2 auf 34,2 mg/(kg · d) am Tag -1 im Median. Die Dosen von Midazolam und Sufentanil stiegen für unser Patientengut zum Tracheotomietag hin sogar eher geringfügig an. Nach der Tracheotomie zeigte sich ein deutlicher „Knick“ zur geringeren Dosierung aller dreier Wirkstoffe hin und für Propofol und Midazolam lag der Median bereits am 2. Tag nach der Tracheotomie bei Null, die Hälfte der Patienten erhielt also bereits am zweiten Tag nach der Tracheotomie überhaupt kein Propofol oder Midazolam mehr, bei Sufentanil traf dies erst am 3. Tag nach der Tracheotomie zu. Dass die Tagesdosen von Midazolam vor der Tracheotomie tendenziell ansteigen, könnte darin begründet sein, dass Midazolam oft einschleichend verwendet wird, wenn Propofol reduziert werden soll, so beispielsweise bei längerfristiger Sedierung, da Propofol für längerfristige Sedierung wegen des hohen Lipidanteils der Zubereitungen als ungeeignet gilt. Dass die Midazolamdosis dennoch nach der Tracheotomie schnell und deutlich reduziert werden konnte, spricht dadurch zusätzlich für einen allgemein verringerten Sedierungsbedarf nach der Tracheotomie.

Ein weiterer Effekt, der sich insbesondere im Verlauf der Dosierungen von Propofol und Sufentanil beobachten ließ, ist, dass die Dosen vor der Tracheotomie annähernd normalverteilt waren (Median liegt etwa in der Mitte des Interquartilsbereichs), jedoch nach der Tracheotomie die Verteilung zunehmend rechtsschief wurde, d.h. dass der Median sich zur 1. Quartile hin verschob. Daraus kann geschlossen werden, dass es möglicherweise verschiedene Kollektive innerhalb der untersuchten Gruppe gab: Bei den einen konnten Propofol und Sufentanil schnell reduziert werden, bei den anderen ging dieser Prozess langsamer von statten. In den dieser Arbeit vorausgegangenen explorativen Analysen wurde überprüft, ob dies möglicherweise der Effekt der frühen vs. späten Tracheotomie sein könnte. Dies war jedoch nicht der Fall. Der Dosisverlauf von Propofol und Sufentanil stellte sich für beide Gruppen (früh und spät) annähernd gleich dar. Eine weitere Aufschlüsselung, z. B. nach OP-Indikationen, erschien aufgrund der dann sehr geringen Gruppengrößen und der damit fehlenden statistischen Aussagekraft nicht sinnvoll. Dennoch könnte dieser beobachtete Effekt ein Hinweis auf weitere Faktoren, beispielsweise Agitation neurologischer Ursache oder starke Schmerzen anderer Genese sein, die im Dosisverlauf der Analgetika und Sedativa eine Rolle spielen könnten, welche in weiteren, möglicherweise prospektiven Studien identifiziert werden könnten. Die Diskrepanz zwischen unseren Ergebnissen bzw. denjenigen von Nieszkowska et al. einerseits und denjenigen von Veelo et al. andererseits könnten auf einer ganzen Reihe von Ursachen beruhen:

- Unterschiede in den angewandten Sedierungs- und Weaningprotokollen
- den verschiedenen Objektivierungsscores für die Sedierung (SAS bei Nieszkowska et al., SEDIC bei Veelo et al., RASS auf unserer Intensivstation)

- den verschiedenen Berechnungsmethoden (keine Gewichts- oder sonstige Adaptierung bei Nieszkowska et al., Division der Tagesdosis durch die Durchschnittsdosis bei Veelo et al., Gewichtsadaptierung bei der vorliegenden Arbeit)
- den verschiedenen Tracheotomiezeitpunkten (14 Tage nach Beatmungsbeginn bei Nieszkowska et al., 9 Tage bei Veelo et al, 7 Tage nach Intensivaufnahme bei uns)
- den verschiedenen Zusammensetzungen des Patientenguts und den daraus möglicherweise resultierenden Unterschieden im Sedierungs- und Analgesiebedarf.

Sowohl wir (in der vorausgehenden Datenanalyse) als auch Veelo et al. fanden keinen Unterschied zwischen der früh und der spät tracheotomierten Gruppe hinsichtlich Sedierungsbedarf und -verlauf. Mithin erscheint der Tracheotomiezeitpunkt eher unwahrscheinlich als Ursache für die Diskrepanz, ist jedoch nicht ganz auszuschließen.

Die Limitationen aller genannten Arbeiten sind prinzipiell die gleichen: Alle arbeiteten retrospektiv, bei allen lag keine Kontrollgruppe vor und alle waren unizentrische Studien, sodass eine weitere Verallgemeinerung nicht möglich ist.

Abschließend kann festgestellt werden, dass die Frage, ob die Dosen von Sedativa und Analgetika nach einer Tracheotomie schneller reduziert werden können, an dieser Stelle nicht abschließend verallgemeinernd beantwortet werden kann. Jedoch konnte dieser Effekt für das bei uns vorgelegene Patientengut deutlich nachgewiesen werden und wir konnten somit zumindest weitere Ergebnisse zugunsten der Dosisreduktion von Sedativa und Analgetika nach Tracheotomie in die Waagschale werfen.

## **Katecholamine**

Wie bereits in der Einleitung kurz erwähnt, gibt es keine neuere Arbeit, die sich ausdrücklich mit den Dosen von Katecholaminen vor und nach Tracheotomie befasste. Unser Ziel war es daher, die klinischen Vermutungen bezüglich der Reduktion des Katecholaminbedarfs nach der dilatativen Tracheotomie zu verifizieren. Die Arbeit von Rumbak et al. [22] erbrachte im Vergleich der frühen mit der späten Gruppe keinen signifikanten Unterschied der Gruppen hinsichtlich der ausgewerteten „Tage unter Hochdosis-Pressoren“. Dies lässt vermuten, dass hoch dosierte Katecholamine bei Rumbak et al. nach der Tracheotomie nicht so schnell reduziert werden konnten wie im Vergleich die zuvor besprochene Sedierung. Eine genauere Definition, welche Wirkstoffe und Dosen mit „Hochdosis-Pressoren“ genau gemeint sind, lässt die Arbeit von Rumbak et al. vermissen.

Für die auf unserer Intensivstation tracheotomierten Patienten ließ sich eine deutliche Dosisreduktion der Katecholamine nach der dilatativen Tracheotomie nachweisen. Bei Betrachtung der Verlaufsdarstellung der Dosenverteilung im Kollektiv fällt auf, dass der Noradrenalinverbrauch bereits vor der dilatativen Tracheotomie etwas rückläufig

war. Zwar zeigte sich in den Tagen  $-3$  bis  $-1$  keine deutliche Tendenz in den Medianen und Quartilen, jedoch die die Dosierungen oberhalb der 3. Quartile nahmen deutlich und rapide zum Tracheotomietag hin ab. Die Genese dieser Beobachtung ist unklar. Möglicherweise wurde bei einigen Patienten im Rahmen einer klinischen Verschlechterung mit hochdosierten Katecholaminen die Tracheotomie geplant und dann bei durch Kreislaufstabilisierung bereits reduzierten Noradrenalin Dosen tracheotomiert. Eine gedachte Gerade durch die Mediane vor der Tracheotomie liegt deutlich über den Medianen nach der Tracheotomie und bereits am 2. Tag nach Tracheotomie ist der Median der erhaltenen Noradrenalin Dosen gleich Null. Alles spricht im Rahmen der Interpretationsmöglichkeiten dieser Ergebnisse dafür, dass trotz der allmählichen Dosisreduktion an den 3 Tagen vor der Tracheotomie dennoch die weitere Dosisreduktion nach der Tracheotomie deutlich schneller vonstatten ging. Dies verdeutlicht nochmals folgendes Rechenbeispiel: Von Tag  $-3$  auf Tag  $-2$  wurde die Tagesdosis im jeweiligen Median um  $12\%$  und von Tag  $-2$  auf Tag  $-1$  um ca.  $9\%$  verringert; von Tag  $0$  auf Tag  $+1$  wurde um  $33\%$  und von Tag  $+1$  auf Tag  $+2$  sogar um  $100\%$  verringert. In der Zusammenschau mit den vorliegenden Daten und den in der Einleitung angeschnittenen klinisch-physiologisch plausiblen Vermutungen spricht mithin alles dafür, dass die hier beobachtete Dosisreduktion von Noradrenalin nach der dilatativen Tracheotomie mit dieser oder deren Begleitumständen in kausalem Zusammenhang stehen könnte.

## **4.2 Methodik**

### **4.2.1 Arbeitsweise und Datenbasis**

#### **Studiendesign**

Die retrospektive Betrachtungsweise stellt eine bedeutende Limitation dar. Teilweise waren für Teilaspekte interessante Parameter in den vorhandenen Datenquellen nicht oder nur lückenhaft erfasst, teilweise waren zwar interessante Parameter erfasst, jedoch in Ermangelung einer standardisierten Eingabeform nicht eindeutig kategorisierbar. Diese Teilaspekte wurden daher nicht weiter ausgewertet. Weiterhin lagen keine Daten zum weiteren Verlauf der von der Intensivstation verlegten Patienten vor, was in der Verlaufsbeurteilung sicherlich ein wichtiger Aspekt gewesen wäre. Bei denjenigen Parametern, die zur Auswertung verblieben, ist jedoch aufgrund ihrer routinemäßigen und standardisierten Erfassung von einem hohen Maß an Validität der Daten auszugehen. Darüber hinaus ergab sich aus der retrospektiven Betrachtungsweise ein Vorteil: Das Vorgehen der behandelten Ärzte konnte betrachtet und daraus Schlüsse über Indikationsstellung und Timing im Zusammenhang mit Vorerkrankungen und OP-Fachgebieten auf unserer anästhesiologischen Intensivstation gezogen werden, was z. B. bei einer randomisierten Studie nicht möglich gewesen wäre. Andererseits ergibt



sich aus der retrospektiv unvermeidbaren – und für unsere Auswertung teilweise gerade interessanten – Asymmetrie der Gruppen früh vs. spät eine systematische Fehlerquelle, welche die Aussagekraft und Verallgemeinerungsmöglichkeit des Gruppenvergleichs beim Outcome früh vs. spät einschränkt.

Schließlich lässt eine retrospektive Datenanalyse auch biomathematisch keine Aussagen über statistische Signifikanz zu. Aus diesem Grund wurden bei den Ergebnissen statistischer Testungen in der gesamten Arbeit konsequent Termini wie „überzufällig häufig“ oder „statistisch deutlicher Unterschied“ anstatt „signifikant“ verwandt, wenn es sich um die Darstellung der eigenen Ergebnisse handelte.

### **Datenquellen und Stichprobengröße**

Das Zusammentragen der Daten aus verschiedenen Quellen stellte dadurch eine Einschränkung dar, dass teilweise Daten nicht vorlagen und daher das Kollektiv auf die Jahre 2003 bis 2006 beschränkt werden musste: In der abteilungsinternen Oracle®-Datenbank fehlten teilweise die Daten zu den Jahren vor 2003, da Ende 2002 eine Umstellung des Datenbanksystems erfolgt war; die eingescannten Patientenkurven ab Januar 2007 fehlten wiederum im klinikumsweiten ISH\*MED, da erst mit einiger Verzögerung die Papierdokumente ins Archiv verbracht und dort eingescannt und elektronisch archiviert werden können. Ohne diese notwendige Beschränkung auf die Jahre 2003 bis 2006 hätten wir mit Daten zu ca. 450 statt 248 Patienten arbeiten können, sodass möglicherweise mehr statistisch deutliche Effekte darstellbar gewesen wären und aufgrund der größeren Datenbasis eine feinere Untergliederung in Subgruppen möglich gewesen wäre.

### **Vorerkrankungen und operative Fachgebiete**

Aufgrund der vorliegenden Daten war eine Wichtung hinsichtlich der jeweils schwersten Vorerkrankung bzw. der Haupt-OP-Indikation nur schwer möglich und eine entsprechende Kategorisierung erschien nicht sinnvoll. Deshalb wurden Mehrfachnennungen zugelassen. Dieser Umstand bedingte, dass bei den weiteren Analysen derselbe Patient in verschiedenen Untergruppen auftreten konnte und dadurch die Verhältnisse möglicherweise verzerrt wurden. Darüber hinaus wurden dadurch Patienten, die viele Erkrankungen bzw. OP-Fachgebiete aufwiesen, insgesamt stärker gewichtet, denn sie wurden durch diese Vorgehensweise in den Vergleichen der Gruppenzusammensetzung früh vs. spät mehrfach gezählt und ausgewertet.

### **Sedierungs- und Weaningprotokolle**

Die für die Sedierungs- und Weaningprotokolle wichtigen klinischen Daten waren nicht ausreichend vollständig erhebbar, sodass hierzu keine Aussagen gemacht werden konn-

ten. Insbesondere war nach vorliegendem Kenntnisstand im betrachteten Zeitraum auch kein einheitliches Weaningprotokoll in unserer Klinik etabliert. Damit sind die Möglichkeiten der Verallgemeinerung und des Vergleichs mit den Literaturangaben hinsichtlich Beatmungs- und Weaningdauern limitiert.

### **Gewichtsadaptation der Wirkstoffdosen**

Bei der Aufnahme wurden die Patienten in der Regel nicht gewogen, sondern es wurde entweder das Gewicht aus vorhandenen Patientenkurven entnommen oder geschätzt. Weiterhin kann sich das Gewicht im Verlauf der Intensivbehandlung verändern, sodass die hier verwandte Gewichtsadaptierung mit dem Aufnahmegewicht fehlerbehaftet ist. Die Gewichtsadaptierung wurde dennoch durchgeführt, da angenommen wurde, dass auch eine ungenaue Adaptierung besser ist als der aus unserer Sicht schwerwiegendere Fehler, große und schwere Patienten übermäßig, bzw. kleine und leichte Patienten zu gering in die Auswertung des Dosisverlaufs der untersuchten Wirkstoffe einfließen zu lassen.

## **4.2.2 Problematische Definitionen**

### **Frühe vs. späte Tracheotomie**

Die problematischste Definition ist die Definition der frühen gegenüber der späten Tracheotomie. Hier herrscht auch in der Literatur keine Einheitlichkeit. Möglicherweise wären manche der Unterschiede früh vs. spät mit zeitlichem Abstand zwischen den Gruppen stärker ausgeprägt gewesen, sodass manche der statistisch nicht deutlichen Unterschiede möglicherweise statistisch deutlicher geworden wären. Dieser Gedanke wurde jedoch zugunsten einer breiteren Datenbasis in beiden Gruppen zu Beginn der Auswertung verworfen.

Darüber hinaus erscheint aus klinisch-praktischer und juristischer Sicht die Einstufung einer Tracheotomie bis zum 7. Tag nach Aufnahme sinnvoll. Einerseits benötigt das behandelnde Team in Abhängigkeit von den Erkrankungen eines Patienten Zeit, den Verlauf einzuschätzen, technische Untersuchungen durchzuführen und die Indikation zur Tracheotomie zu stellen. Andererseits ist die Tracheotomie in Deutschland ein elektiver Eingriff, sodass die Einwilligung des Patienten eingeholt werden muss, was bei den meist nicht kommunikationsfähigen Intensivpatienten oft eine zeitliche Herausforderung darstellt, da entweder ein Betreuer bestimmt oder eine amtsrichterliche Einwilligung eingeholt werden muss, was durchaus mehrere Tage, besonders am Wochenende, in Anspruch nehmen kann. Einige international publizierte Arbeiten arbeiteten mit ähnlicher Herangehensweise, sodass die hier verwendete Definition früh vs. spät auch im Sinne der Vergleichbarkeit der Arbeiten eine gewisse Berechtigung hat.

## **Rekanülierung als Maß für fehlgeschlagenes Weaning**

Da keine der Vergleichsarbeiten dieses Kriterium verwandte, sind die Vergleichsmöglichkeiten begrenzt. Innerhalb des in dieser Arbeit untersuchten Kollektivs konnte die Häufigkeit der Rekanülierungen dennoch als Anhaltspunkt dafür dienen, ob Unterschiede bezüglich der Erfolgsquote des Weanings im Gruppenvergleich früh vs. spät vorlagen.

## **Zeit von Tracheotomie bis Dekanülierung als Weaning-Dauer**

Da auch dieses Kriterium in anderen Arbeiten nicht verwandt wurde, gelten die gleichen Limitationen wie für die zuvor erwähnten Rekanülierungen. Da keine Daten zu den verlegten Patienten mehr vorlagen und daher die Auswertung dieses Kriteriums auf die auf unserer Intensivstation verbliebenen Patienten beschränkt war, ist ein Stichprobenfehler gegenüber den anderen erhobenen Parametern nicht auszuschließen.

## **4.3 Schlussfolgerungen**

An dieser Stelle sollen abschließend die Punkte der Fragestellung, soweit möglich, beantwortet und die Schlüsse aus den Ergebnissen und dem Literaturvergleich gezogen werden.

### **4.3.1 Anteil der dilatativ tracheotomierten Patienten**

Der Anteil der dilatativ tracheotomierten Patienten unter allen Aufnahmen bewegte sich auf unserer anästhesiologischen Intensivstation im – weit gefassten – Rahmen der aktuellen Literaturwerte. Wie auch in anderen Studien, konnte eine Zunahme der Häufigkeit der Anwendung der Tracheotomie über die Zeit gezeigt werden. Diese Entwicklung ist mit großer Wahrscheinlichkeit darauf zurückzuführen, dass viele neuere Studien positive Effekte der Tracheotomie beschreiben und diese als sichere Methode ausweisen, sodass die Entscheidung zur Tracheotomie in Kenntnis dieser Studienergebnisse immer weniger zurückhaltend getroffen wurde.

### **4.3.2 Zeit zwischen Aufnahme und Tracheotomie**

Die dilatative Tracheotomie wurde im Median am 7. Tag nach Aufnahme auf die Intensivstation durchgeführt. Auch dieses Ergebnis liegt im Bereich der internationalen Vergleichswerte, jedoch im unteren (frühen) Bereich. Dies kann einerseits ebenfalls auf die überwiegend positive aktuelle Studienlage zu den Effekten einer frühen Tracheotomie erklärt werden, andererseits auch auf der Zusammensetzung des Patientenkollektivs beruhen und erscheint auch anhand unserer eigenen Ergebnisse eine insgesamt

nützliche Entwicklung im Hinblick auf den kürzeren Intensivaufenthalt bei den früh tracheotomierten Patienten zu sein.

### **4.3.3 Zusammensetzung der früh und der spät tracheotomierten Gruppe**

Das überzufällig häufige Antreffen von neurochirurgischen Patienten in der früh tracheotomierten Gruppe und das überzufällig häufige Antreffen von allgemeinchirurgischen Patienten in der späten Gruppe lässt sich im Literaturvergleich nicht direkt nachvollziehen, jedoch gibt es in der Literatur einige Hinweise darauf, dass in anderen Intensivstationen ähnliche Verteilungen beobachtet werden könnten. Dieser Effekt könnte darauf beruhen, dass bei neurochirurgischen Patienten die langfristige Beatmungspflicht aufgrund der neurologischen Defizite schon früher erkennbar ist als bei anderen Patienten, insbesondere den allgemeinchirurgischen, bei denen eine langfristige Beatmung vermutlich oft erst im Verlauf erkennbar wurde. Einen Hinweis darauf gibt die beobachtete, statistisch deutlich schwerere Erkrankung der spät tracheotomierten Patienten gemessen am SAPS II. Dass für die anderen OP-Fachgebiete, Vorerkrankungen sowie die allgemeinen Charakteristika Alter, Geschlecht und BMI keine deutlichen Unterschiede vorlagen, könnte einerseits in der Wahl des Medians als Grenze zwischen früher und später Tracheotomie liegen (mehr zeitlicher Abstand hätte möglicherweise deutlichere Unterschiede erbracht), andererseits auch durch den klinischen Verlauf und dessen Beurteilung durch das behandelnde Team begründet sein. Weitere Studien könnten die Vor- und Nachteile der (frühen) dilatativen Tracheotomie für bestimmte Erkrankungen zeigen, sodass solche härteren Kriterien in Zukunft den Intensivmedizinern die Auswahl der Patienten für eine frühe bzw. späte Tracheotomie (bzw. für ein Fortsetzen der oro- oder nasotrachealen Intubation) erleichtern könnten.

### **4.3.4 Ergebnisse aller tracheotomierten Patienten**

Sowohl die Letalität während des Intensivaufenthalts als auch die perioperativen Komplikationsraten der dilatativen Tracheotomie bewegten im Bereich der Vergleichswerte. Bei den Komplikationsraten fällt die Interpretation dabei schwer, da für diese Arbeit keine klar kategorisierten Daten zu den Komplikationen vorlagen und somit keine Unterscheidung zwischen schwereren und geringfügigen Komplikationen möglich war; die Literaturangaben befassen sich oft nur mit schwereren Komplikationen oder mittel- und langfristigen Komplikationen, hier lagen jedoch alle Arten von auf unserer anästhesiologischen Intensivstation beobachteten Komplikationen aufsummiert vor. Unter diesem Aspekt erscheint die primär hoch anmutende Komplikationsrate von 12% akzeptabel. Es existieren zudem Arbeiten, die höhere Gesamtkomplikationsraten ausweisen.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Tracheotomie auch speziell für unsere Station eine vergleichsweise sichere Methode ist.

#### **4.3.5 Ergebnisse früh vs. spät**

Die für unsere anästhesiologische Intensivstation nachgewiesene kürzere Intensivaufenthaltsdauer der früh tracheotomierten Patienten wird von einigen aktuellen Studien bestätigt. Alles spricht bislang dafür, dass es sich um einen Effekt der frühen Tracheotomie oder ihrer Begleitumstände handeln könnte. Die Diskussion der möglichen Genese dieses Effekts und weiterer positiver Effekt der frühen Tracheotomie ist vielschichtig und reicht über bessere Mobilisierbarkeit, geringere Beatmungskomplikationsraten und Pneumonieraten bis hin zu besserem Patientenkomfort und dem damit verbundenen früheren geringeren Sedierungsbedarf. Nur der Effekt des geringeren Sedierungsbedarfs konnte für unser Patientenkollektiv ebenfalls nachgewiesen werden, die anderen Variablen wurden entweder methodikbedingt nicht erfasst oder die Unterschiede früh vs. spät waren für unser Kollektiv nicht statistisch deutlich. Hier darf mithin weiter diskutiert und spekuliert werden.

Nachteilige Auswirkungen einer frühzeitigen Tracheotomie werden in der Literatur praktisch nicht beschrieben und konnten auch auf unserer anästhesiologischen Intensivstation nicht beobachtet werden. Somit spricht derzeit alles dafür, dass es sich auf das Outcome des Patienten positiv (oder zumindest nicht negativ) auswirkt, wenn die Tracheotomie möglichst frühzeitig durchgeführt wird, wenn eine langfristige Beatmungspflicht absehbar wird. Dies ist jedoch nicht zwingend auf alle Erkrankungen und weiteren Subgruppen innerhalb des Patientenkollektivs zu verallgemeinern. Weitere Studien könnten Hinweise darauf geben, ob bestimmte Patientengruppen dennoch von einem Zuwarten mit der Tracheotomie profitieren könnten.

#### **4.3.6 Dosierung von Propofol, Midazolam, Sufentanil und Noradrenalin**

Alle vier untersuchten Wirkstoffe konnten in unserem Patientenkollektiv nach der Tracheotomie statistisch deutlich in ihrer Dosierung reduziert werden. Dies kann als Hinweis darauf, dass die klinisch-physiologischen Vermutungen diesbezüglich richtig sind, verstanden werden. Die kontroverse Datenlage in der Literatur und das wahrscheinliche Vorliegen von Patienten in unserem Patientenkollektiv, bei denen die Dosen insbesondere von Propofol und Sufentanil weniger schnell reduziert werden konnten als bei anderen, gibt Hinweise darauf, dass diese Beobachtung nicht zwingend zu verallgemeinern ist und dass möglicherweise die Zusammensetzung des Patientenguts einen entscheidenden Einfluss hat. Auch hier könnten weitere Studien Hinweise geben, welche der Patienten besonders von der (frühen) Tracheotomie im Sinne einer Dosisreduktion

und daraus resultierender Wachheit, Mobilisierbarkeit und Nebenwirkungsreduktion profitieren und welche eher weniger.

## 5 Zusammenfassung

**Fragestellung** Die Daten zu den in den Jahren 2003 bis 2006 behandelten Patienten der anästhesiologischen Intensivstation der Universitätsklinik Ulm, die einer dilatativen Tracheotomie unterzogen worden waren, sollten retrospektiv ausgewertet werden. Das Augenmerk lag dabei auf statistischen Zahlen zur Häufigkeit und zum Zeitpunkt der Durchführung dilatativer Tracheotomien, auf statistischen Unterschieden bezüglich Demographie, Vorerkrankungen und operativem Fachgebiet zwischen der früh und der spät tracheotomierten Gruppe, auf dem Outcome der früh tracheotomierten im Vergleich zu den spät tracheotomierten Patienten und auf den Dosierungen von häufig verwendeten Sedativa, Analgetika und Katecholaminen im Verlauf vor und nach Tracheotomie.

**Material und Methoden** Als Datenquellen wurden eine abteilungsinterne und eine klinikumsweite Datenbank sowie gescannte Patientenkurven und Verordnungsbögen ausgewertet und in eine eigene Datenbank übertragen. Eine Vielzahl von Parametern wurde erfasst. Die Zielgrößen für Gesamtstatistik, Gruppenzusammensetzung, Outcome und Dosierungsverlauf von Sedativa, Analgetika und Katecholaminen wurden definiert und ausgewertet. Wenn ein akzeptabler Unterschied in Häufigkeiten oder Mittelwerten vorlag, wurde statistisch getestet.

**Ergebnisse** Der Anteil der tracheotomierten an allen auf unserer Intensivstation aufgenommenen Patienten nahm von 9,9 % im Jahr 2003 auf 12,8 % im Jahr 2006 zu, im Durchschnitt 2003 bis 2006 wurden 10,1 % tracheotomiert. Die Zeitdauer von Aufnahme bis zur Tracheotomie betrug im Median 7 Tage. 139 Patienten wurden früh ( $\leq 7$  Tage), 109 wurden spät ( $> 7$  Tage) tracheotomiert.

Die frühe Gruppe wurde im Median nach 5 Tagen tracheotomiert, die späte Gruppe nach 10 Tagen. Hinsichtlich Alter, Geschlecht und Body-Mass-Index zeigten sich keine deutlichen Unterschiede zwischen der frühen und der späten Gruppe. Allgemeinchirurgische Patienten waren deutlich häufiger in der späten, (41 % versus 24 %), neurochirurgische deutlich häufiger in der frühen Gruppe (28 % versus 12 % der Gruppe) anzutreffen. Hinsichtlich anderer Operationsfachgebiete, der Unterscheidung ob Notfall- oder Elektiveingriff, der Vorerkrankungen, der Unterscheidung zwischen chronischer und akuter Haupterkrankung sowie der Anzahl der Vorerkrankungen und dem Vorliegen positiver mikrobiologischer Befunde aus den Atemwegen zeigten sich keine statistisch deutlichen Unterschiede. Der Vergleich der Erkrankungsschwere ergab, dass die späte Gruppe im Median deutlich höhere Werte für den Simplified Acute Physiology Score II aufwies, während der Median für den Sequential Organ Failure Assessment Score

in beiden Gruppen gleich war. Hinsichtlich Letalität und Komplikationsrate der Tracheotomie ergaben sich keine deutlichen Unterschiede zwischen den Gruppen. Nach Ausschluss der verstorbenen Patienten ergab sich eine deutlich kürzere mediane Intensivliegedauer von 17 Tagen bei früh gegenüber 29 Tagen bei spät Tracheotomierten. Die Anteile der dekanüliert entlassenen Patienten und derjenigen, bei denen ein Rekanülement erforderlich wurde, sowie die Weaning-Dauer unter den dekanülierten Patienten unterschieden sich statistisch nicht deutlich zwischen den Gruppen.

Die Tagesdosen von Sedativa, Analgetika und Katecholaminen waren nach der Tracheotomie im Vergleich zu vorher deutlich reduziert worden. Die gewichtsadaptierten Tagesdosen, über 3 Tage vor bzw. 3 Tage nach der Tracheotomie arithmetisch gemittelt, betragen im Median für Propofol 37,2 versus 3,28 mg/(kg · d), für Midazolam 0,447 versus 0,119 mg/(kg · d), für Sufentanil 3,1 versus 1,36 µg/(kg · d) und für Noradrenalin 0,0612 versus 0,0093 mg/(kg · d).

**Diskussion** Die Ergebnisse, insbesondere die klinischen Outcomes, wurden mit den Ergebnissen aus der Literatur verglichen und zurückblickend bewertet. Die Methodik wurde evaluiert und kritisch bewertet. Weiterhin wurde erörtert, wie die Unterschiede der Zusammensetzung der frühen und der späten Gruppe zustande gekommen sein könnten und inwieweit dies mit den Unterschieden im Outcome in Zusammenhang stehen könnte. Die Vor- und Nachteile der frühen Tracheotomie für das Outcome wurden reevaluiert und anhand der eigenen Ergebnisse ergänzt.

**Schlussfolgerung** Die Patienten profitierten von einer frühen Tracheotomie durch einen kürzeren Intensivaufenthalt. Nach der Tracheotomie konnten Analgosedierung und Noradrenalinverbrauch im Vergleich zu vorher deutlich reduziert werden. Zwischen der frühen und der späten Gruppe herrschte Inhomogenität bei der Gruppenzusammensetzung. Auch die Ergebnisse innerhalb der frühen und der späten Gruppe jeweils sowie vor und nach Tracheotomie präsentierten sich teilweise inhomogen. Weitere Studien könnten zeigen, ob hier ein Zusammenhang besteht und ob es klinische Prädiktoren darauf geben könnte, welche der Patienten von einer (frühen) Tracheotomie besonders profitieren und bei welchen Patienten eher zugewartet werden sollte. Anhand der momentanen Datenlage spricht nichts dagegen, eine dilatative Tracheotomie möglichst frühzeitig durchzuführen, sobald eine langfristige Beatmungspflicht absehbar wird. Für die Einschätzung der Langzeitbeatmungspflicht und deren Definition könnten und müssen weitere Studien härtere Entscheidungskriterien liefern.



## 6 Literaturverzeichnis

- [1] BARQUIST ES, AMORTEGUI J, HALLAL A, GIANNOTTI G, WHINNEY R, ALZAMEL H und MACLEOD J: *Tracheostomy in ventilator dependent trauma patients: a prospective, randomized intention-to-treat study*. J Trauma 60: 91–97 (2006)
- [2] BAUSE H, DOST P, KEHRL W, WALZ MK und SCHULTZ-COULON HJ: *Punktionstracheostomie versus konventionelle Tracheostomie*. HNO 47: 58–70 (1999)
- [3] BENZING A und TEUFEL F: *Beatmung auf der operativen Intensivstation*. In: KRETZ FJ und TEUFEL F (Hrsg): *Anästhesie und Intensivmedizin*, 1. Aufl. Springer Medizin Heidelberg, S. 516–526 (2006)
- [4] CIAGLIA P, FIRSCHING R und SYNIEC C: *Elective percutaneous dilatational tracheostomy. A new simple bedside procedure; preliminary report*. Chest 87: 715–719 (1985)
- [5] COMBES A, LUYT CE, NIESZKOWSKA A, TROUILLET JL, GIBERT C und CHASTRE J: *Is tracheostomy associated with better outcomes for patients requiring long-term mechanical ventilation?* Crit Care Med 35: 802–807 (2007)
- [6] DULGUEROV P, GYSIN C, PERNEGER TV und CHEVROLET JC: *Percutaneous or surgical tracheostomy: a meta-analysis*. Crit Care Med 27: 1617–1625 (1999)
- [7] FLAATTEN H, GJERDE S, HEIMDAL JH und AARDAL S: *The effect of tracheostomy on outcome in intensive care unit patients*. Acta Anaesthesiol Scand 50: 92–98 (2006)
- [8] FREEMAN BD, BORECKI IB, COOPERSMITH CM und BUCHMAN TG: *Relationship between tracheostomy timing and duration of mechanical ventilation in critically ill patients*. Crit Care Med 33: 2513–2520 (2005)
- [9] FREEMAN BD, ISABELLA K, LIN N und BUCHMAN TG: *A meta-analysis of prospective trials comparing percutaneous and surgical tracheostomy in critically ill patients*. Chest 118: 1412–1418 (2000)
- [10] FROVA G und QUINTEL M: *A new simple method for percutaneous tracheostomy: controlled rotating dilation. A preliminary report*. Intensive Care Med 28: 299–303 (2002)
- [11] FRUTOS-VIVAR F, ESTEBAN A, APEZTEGUÍA C, ANZUETO A, NIGHTINGALE P, GONZÁLEZ M, SOTO L, RODRIGO C, RAAD J, DAVID CM, MATAMIS D,

- EMPAIRE GD und GROUP IMVS: *Outcome of mechanically ventilated patients who require a tracheostomy*. Crit Care Med 33: 290–298 (2005)
- [12] GOETTLER CE, FUGO JR, BARD MR, NEWELL MA, SAGRAVES SG, TOSCHLOG EA, SCHENARTS PJ und ROTONDO MF: *Predicting the need for early tracheostomy: a multifactorial analysis of 992 intubated trauma patients*. J Trauma 60: 991–996 (2006)
- [13] GRÜNDLING M und QUINTEL M: *Perkutane Dilatationstracheotomie. Indikationen – Techniken – Komplikationen*. Anaesthesist 54: 929–941 (2005)
- [14] HIGGINS KM und PUNTHAKEE X: *Meta-analysis comparison of open versus percutaneous tracheostomy*. Laryngoscope 117: 447–454 (2007)
- [15] HSU CL, CHEN KY, CHANG CH, JERNG JS, YU CJ und YANG PC: *Timing of tracheostomy as a determinant of weaning success in critically ill patients: a retrospective study*. Crit Care 9: R46–R52 (2005)
- [16] KLOCKGETHER-RADKE AP, NEUMANN P und QUINTEL M: *Tracheotomie – Luftweg der Wahl für den langzeitbeatmeten Patienten?* Anasthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 39: 335–343 (2004)
- [17] MEININGER D, WESTPHAL K, BYHANN C, LISCHKE V, S. HALBIG, MARTENS S und KESSLER P: *Perkutane Tracheotomie mit der PercuTwist-Technik: Erste Ergebnisse bei herzchirurgischen Intensivpatienten*. Z Herz- Thorax- Gefäßchir 17: 84–88 (2003)
- [18] MÖLLER MG, SLAIKEU JD, BONELLI P, DAVIS AT, HOOGEBOOM JE und BONNELL BW: *Early tracheostomy versus late tracheostomy in the surgical intensive care unit*. Am J Surg 189: 293–296 (2005)
- [19] NIESZKOWSKA A, COMBES A, LUYT CE, KSIBI H, TROUILLET JL, GIBERT C und CHASTRE J: *Impact of tracheotomy on sedative administration, sedation level, and comfort of mechanically ventilated intensive care unit patients*. Crit Care Med 33: 2527–2533 (2005)
- [20] OLIVER ER, GIST A und GILLESPIE MB: *Percutaneous versus surgical tracheostomy: an updated meta-analysis*. Laryngoscope 117: 1570–1575 (2007)
- [21] PLUMMER AL und GRACEY DR: *Consensus conference on artificial airways in patients receiving mechanical ventilation*. Chest 96: 178–180 (1989)

- [22] RUMBAK MJ, NEWTON M, TRUNCALE T, SCHWARTZ SW, ADAMS JW und HAZARD PB: *A prospective, randomized, study comparing early percutaneous dilational tracheotomy to prolonged translaryngeal intubation (delayed tracheotomy) in critically ill medical patients.* Crit Care Med 32: 1689–1694 (2004)
- [23] SUGERMAN HJ, WOLFE L, PASQUALE MD, ROGERS FB, O'MALLEY KF, KNUDSON M, DINARDO L, GORDON M und SCHAFFER S: *Multicenter, randomized, prospective trial of early tracheostomy.* J Trauma 43: 741–747 (1997)
- [24] VEELO DP, DONGELMANS DA, BINNEKADE JM, KOREVAAR JC, VROOM MB und SCHULTZ MJ: *Tracheotomy does not affect reducing sedation requirements of patients in intensive care—a retrospective study.* Crit Care 10: R99 (2006)

# Danksagung

Für die Unterstützung bei meiner Dissertation gilt mein besonderer Dank.

Herrn PD Dr. med. Karl Träger, meinem Doktorvater, für die Geduld, die vielseitigen Ratschläge und Hinweise, die mir und meiner Arbeit aufgeopferte Zeit und die herausragende Betreuung.

Herrn Dr. med. Wolfgang Stahl, für die umfangreiche Unterstützung bei der Literaturrecherche, die vielen Ratschläge und die mir und meiner Arbeit aufgeopferte Zeit.

Herrn Dipl.-Dok. (FH) Michael Tänzer, EDV der anästhesiologischen Universitätsklinik, für die Programmierung der Datenbankabfrage im abteilungsinternen Datenbanksystem.

Herrn Henning H. H. Leesch, Medizinischer Dokumentar in der anästhesiologischen Universitätsklinik, für die Unterstützung bei der Datenbankrecherche und die Koordination mit der EDV.

Herrn Prof. Dr. med. Dr. med. h. c. Michael Georgieff, für die Möglichkeit einer Dissertation in seiner Abteilung.

# Lebenslauf

Name Lars Karl Eberhardt  
Geburtsdatum 12. August 1981  
Geburtsort Sindelfingen  
Nationalität Deutsch  
Eltern Regina Maria Eberhardt und Wilfried Preis  
Adresse Alte Heidenheimer Straße 57b, 73431 Aalen

## 1988 bis 2001

### Schulische Ausbildung

1988 bis 1992 Grundschule, Grund- und Hauptschule Calw  
1992 bis 1996 Hermann-Hesse-Gymnasium Calw  
1996 bis 2001 Johannes-Kepler-Gymnasium Weil der Stadt  
Abschluss mit dem allgemeinen Abitur (Note 1,3)

2001 bis 2002 Zivildienst am Universitätsklinikum Tübingen, Abteilung Zentral-OP als Pflegehelfer

## 2002 bis 2009

### Studium der Medizin, Universität Ulm

#### *Studienverlauf*

Herbst 2004 Bestehen der ärztlichen Vorprüfung (Note 2,0)  
April 2007 Annahme als Doktorand  
2007 bis 2008 Praktisches Jahr am Universitätsklinikum Ulm  
Dezember 2008 Bestehen des zweiten Teils der Ärztlichen Prüfung (Note 2,0) und Approbation als Arzt

#### *Universitäre Tätigkeiten*

2002 bis 2009 Fachschaft Medizin  
2003 bis 2007 AStA und StuVe (Studierendenvertretung)  
2004 bis 2005 Wissenschaftliche Hilfskraft (Tutor Präparierkurs)  
2005 bis 2006 Mitglied im Fakultätsrat  
2005 bis 2006 Wissenschaftliche Hilfskraft (Tutor Physiologiepraktikum)  
und 2008 bis 2009  
2005 bis 2007 Sozialreferent des AStA (Angestellter des Landes)  
2006 bis 2009 Filmreferent des AStA (Ehrenamt)

## seit April 2009

### Arbeitsverhältnis

seit April 2009 Assistenzarzt, Ostalbklinikum Aalen, Abt. Anästhesie u. operative Intensivmedizin