

Aus der Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie  
Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg/Saar  
Direktor: Prof. Dr. Thomas Volk

**Vergleich unterschiedlicher Lokalisationen zentralvenöser Katheter bei  
Patienten einer operativen Intensivstation  
- Eine einjährige Beobachtungsstudie -**

**Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin der Medizinischen  
Fakultät  
der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES**

2023

vorgelegt von Jana Gülker  
geb. am 28.03.1998 in Münster

Tag der Promotion: 29.04.2024

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. Michael D. Menger

Erstberichterstatter: PD Dr. med. Andreas Meiser

Zweitberichterstatter: Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. Robert Bals

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>3</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>4</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>5</b>
<b>1. Zusammenfassung .....</b>	<b>7</b>
1.1. Zusammenfassung .....	7
1.2. Summary .....	8
<b>2. Einleitung .....</b>	<b>9</b>
2.1. Fragestellung .....	13
<b>3. Material und Methode.....</b>	<b>14</b>
3.1. Patienten .....	14
3.2. Zentralvenöse Katheter .....	14
3.3. Anlage der ZVK.....	15
3.3.1. Material zur ZVK-Anlage.....	15
3.3.2. Indikation .....	15
3.3.3. Durchführung.....	16
3.3.4. MISP-Technik.....	18
3.3.5. Personalschulung zur MISP-Technik.....	20
3.3.6. Pflegerisches Hygienemanagement des ZVK.....	21
3.4. Geräte und Software.....	21
3.5. Datenerhebung .....	22
3.5.1. Patientendaten .....	22
3.5.2. Katheterdaten.....	23
3.6. Pflegebefragung: Handling zentralvenöser Katheter.....	26
3.7. Statistische Analyse.....	26

<b>4. Ergebnisse .....</b>	<b>27</b>
4.1. Patienten .....	27
4.1.1. Die Diagnosen .....	30
4.2. ZVK.....	31
4.2.1. Die Anlage .....	31
4.2.2. Patientenkomfort.....	41
4.2.3. Die Entfernung.....	42
4.2.4. Die Infektbewertung.....	45
4.3. Pflegebefragung: Handling zentralvenöser Katheter .....	49
<b>5. Diskussion .....</b>	<b>52</b>
5.1. Schlussfolgerung und Ausblick .....	63
<b>A. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>64</b>
<b>B. SOP: Zentralvenöse Gefäßzugänge .....</b>	<b>66</b>
<b>C. Publikationen.....</b>	<b>69</b>
<b>D. Pflegebefragungsbogen.....</b>	<b>70</b>
<b>E. Danksagung.....</b>	<b>72</b>
<b>F. Lebenslauf.....</b>	<b>73</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Position des Linearschallkopfes (links) und Mikrokonvexschallkopfes (rechts) in der Fossa infraclavicularis .....	12
Abbildung 2: Schematische Darstellung der Strumpf-Technik .....	17
Abbildung 3: Ultraschallbild der VSc in der Längsachse .....	19
Abbildung 4: Verlegung von der IOI .....	29
Abbildung 5: Fachabteilung .....	30
Abbildung 6: (bekannte) Vordiagnosen bei Aufnahme in Prozentzahl des gesamten Patientenkollektives .....	30
Abbildung 7: Anzahl der ZVK in der jeweiligen Lokalisation .....	31
Abbildung 8: Anzahl der ZVK im Zeitverlauf (n= 465).....	33
Abbildung 9: Anlageort .....	34
Abbildung 10: Art der Anlage.....	35
Abbildung 11: Anlagetechnik.....	36
Abbildung 12: Spannungspneumothorax auf der linken Seite in Folge der ZVK-Anlage in der VJI vor Anlage der Thoraxdrainage.....	37
Abbildung 13: Anzahl der Lumina .....	38
Abbildung 14: Hautniveau der ZVK auf der linken Seite.....	39
Abbildung 15: Hautniveau der ZVK auf der rechten Seite .....	39
Abbildung 16: Lage des ZVK auf der rechten Seite im Röntgenbild .....	40
Abbildung 17: Lage des ZVK auf der linken Seite im Röntgenbild .....	40
Abbildung 18: Alltägliche Situationen des VJ-ZVK .....	41
Abbildung 19: Grund für die Entfernung der VJ-ZVK, VSc-ZVK und VF-ZVK, mit Angabe der absoluten Zahlen .....	43
Abbildung 20: Liegedauer der ZVK in Tagen .....	44
Abbildung 21: Entzündungszeichen an der Einstichstelle .....	45
Abbildung 22: lokale eitrige Entzündungen an der VJ-ZVK Einstichstelle .....	45
Abbildung 23: Infektscore der VJ-, VSc- und VF-ZVK .....	47
Abbildung 24: Infektbewertungen .....	48
Abbildung 25: Pflegebefragung: Handling zentralvenöser Katheter.....	50
Abbildung 26: Wahl VJ versus VSc, subjektive Bewertung der Pflegekräfte .....	51

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Material zur ZVK-Anlage .....	15
Tabelle 2: Alter, Größe, Gewicht, BMI und SAPS II der Patienten bei Erstaufnahme auf die IOI .....	27
Tabelle 3: Anzahl der Aufenthalte .....	28
Tabelle 4: Übernahme .....	28
Tabelle 5: ZVK-Lokalisationen vor und nach dem Stichtag (23.05.2021) .....	33
Tabelle 6: Infektbewertung .....	46
Tabelle 7: Pflegebefragung: Handling zentralnervöser Katheter.....	49

# Abkürzungsverzeichnis

<b>Abb.</b>	Abbildung
<b>and. Lok.</b>	andere Lokalisation
<b>ASc</b>	Arteria subclavia
<b>BK</b>	Blutkultur
<b>IOI</b>	Interdisziplinäre Operative Intensivstation
<b>i.v.</b>	intravenös
<b>MISP</b>	Microconvex in-plane subclavian puncture
<b>MW</b>	Mittelwert
<b>PDMS</b>	Patientendatenmanagementsystem
<b>SD</b>	Standardabweichung
<b>UKS</b>	Universitätsklinikum des Saarlandes
<b>V. cava sup.</b>	Vena cava superior
<b>VF</b>	Vena femoralis
<b>VJ</b>	Vena jugularis
<b>VJE</b>	Vena jugularis externa
<b>VJI</b>	Vena jugularis interna
<b>VSc</b>	Vena subclavia
<b>ITS</b>	Intensivstation
<b>ZNA</b>	Zentrale Notaufnahme
<b>ZVK</b>	Zentraler Venenkatheter



# 1. Zusammenfassung

## 1.1. Zusammenfassung

### **Einführung**

Die Anlage zentralvenöser Katheter (ZVK) gehört zu den häufigsten invasiven Maßnahmen auf Intensivstationen. Trotz Fortschritten bei der Anlagetechnik und verbesserter Hygiene sind ZVK häufig mit Komplikationen assoziiert. Als Anlageort (Lokalisation) kommen die Vena jugularis (VJ), die Vena subclavia (VSc) und die Vena femoralis (VF) infrage. In diesem Qualitätsmanagement-Projekt sollten daher Komplikationsraten dieser Lokalisationen erfasst und verglichen werden.

### **Methoden**

Die einjährige prospektive Beobachtungsstudie wurde mit Zustimmung der Ethikkommission der Ärztekammer des Saarlandes (Kenn-Nr.: 08/21) durchgeführt. Von Juli 2020 bis Juli 2021 wurden alle Patienten der Interdisziplinären Operativen Intensivstation des Universitätsklinikums des Saarlandes eingeschlossen, bei denen auf der Station ein ZVK angelegt worden war, oder die mit einliegendem ZVK aufgenommen und mindestens sieben Tage auf der Station behandelt worden waren. Es wurden Daten über Anlage, Komplikationen, Liegedauer und Entfernung erhoben. Ein bezüglich der Lokalisation verblindeter Untersucher bewertete Katheter-assoziierte Infektionen anhand von Infektwerten, mikrobiologischer Befunde sowie weiterer möglicher Sepsisfoci. Zuletzt wurde eine Befragung der Pflegefachkräfte zum Handling der ZVK durchgeführt.

### **Ergebnisse**

In der Studie konnten 320 Patienten mit insgesamt 495 ZVK (319 VJ-, 103 VSc- und 73 VF-ZVK) ausgewertet werden. Durch eine Schulungsmaßnahme zur Ultraschall-gesteuerten Punktion der VSc (sogenannte „in plane“-Technik) mit Hilfe eines Mikrokonvex-Schallkopfes konnte der Anteil an VSc-ZVK signifikant von 16% auf 50% gesteigert werden. VSc-ZVK wurden häufiger auf der Intensivstation als im OP und häufiger im Rahmen von Katheterwechseln angelegt. Bei einer ZVK-Anlage in die VJ wurde ein Pneumothorax dokumentiert, bei Anlagen in der VSc und VF traten dagegen keine schwerwiegenden Komplikationen auf. Die mittlere Liegedauer lag bei 11,6 Tagen und unterschied sich zwischen den Lokalisationen nicht. Im Verlauf kam es zur Dislokation von insgesamt 18 VJ-ZVK (8,0%) und 4 VF-ZVK (8,4%). VSc-ZVK dislozierten signifikant seltener ( $n= 1/103$ ; 1,2%). Die Einstichstellen von VJ-ZVK wurden fünfmal (7%) als eitrig und dreimal (4%) als stark gerötet beschrieben. Bei den anderen Lokalisationen kam dies nicht vor. Etwa ein Drittel der ZVK aller Lokalisationen wurde bei Verdacht auf einen Katheter-assoziierten Infekt entfernt. Dieser bestätigte sich signifikant häufiger bei VF- (31%) als bei VJ- (17%) und VSc-ZVK (7%). In der Pflegebefragung gab die Mehrzahl der Pflegekräfte an ( $n= 15/20$ , 2 Enthaltungen), VSc- gegenüber VJ-ZVK auf Grund des einfacheren Handlings und der besseren Fixiermöglichkeiten zu bevorzugen.

### **Schlussfolgerungen**

In der Zusammenschau der Befunde dieser Doktorarbeit, sowie der Fachliteratur, kann eine Empfehlung für die Bevorzugung der ZVK-Lokalisation in der V. subclavia für eine längere Liegedauer bei kritisch kranken Patienten einer Intensivstation ausgesprochen werden.

## 1.2. Summary

### Introduction

The insertion of central venous catheters (CVC) is one of the most commonly performed invasive measures in intensive care units (ICU). Despite advances in insertion techniques and improved hygiene, CVCs are often associated with complications. Possible locations are the internal jugular, the subclavian and the femoral veins. In this quality management project, therefore, complication rates of CVCs in these different locations were evaluated.

### Methods

This one-year prospective observational study was carried out with the approval of the ethics committee of the Saarland Medical Association (reference no.: 08/21). From July 2020 to July 2021, all patients of the Interdisciplinary Operative ICU of the Saarland University Hospital who had undergone insertion of a CVC in the ICU or else who had been admitted with an indwelling CVC and treated in the ICU for at least seven days were included. Data on catheter insertion, complications, duration of use and catheter removal were collected. A blinded examiner evaluated catheter-associated blood stream infections based on laboratory values, microbiological findings and other possible sepsis foci. Last not least, a survey of the nursing staff about handling of CVCs and preferences was carried out.

### Results

In the study, 320 patients with a total of 495 CVCs (319 jugular, 103 subclavian, and 73 femoral CVCs) were evaluated. After intensive training of medical staff on the in-plane ultrasound-guided puncture of the subclavian vein using a microconvex ultrasound probe, the frequency of subclavian CVCs increased significantly from 16% to 50%. Subclavian CVCs were inserted more frequently in the ICU than in the operating theatre and more frequently when a CVC had to be changed. Only one pneumothorax was documented during CVC insertion into the jugular vein, but no serious complication occurred during CVC insertions in the subclavian or femoral veins. A total of 18 jugular (8.0%) and 4 femoral CVCs (8.4%) slipped out inadvertently. On the other hand, subclavian CVCs slipped out significantly less frequently (only one CVC, 1.2%). The puncture sites of jugular CVCs were described five times as purulent (7%) and three times as severely reddened (4%). This was never noticed with CVCs in the other locations. About one third of CVCs of all locations were removed after a catheter-associated blood stream infection had been suspected. This was confirmed significantly more frequently after removal of femoral (31%) compared to jugular (17%) and to subclavian CVCs (7%). In the nursing survey, the majority of nurses (15 out of 20 with 2 abstentions) stated that they preferred the subclavian over the jugular location because of easier handling and better fixation options.

### Conclusion

In the light of the reviewed literature and of the observations made in this study, it may be concluded that the subclavian access should be preferred over the jugular and femoral access for insertion of CVCs in critically ill patients with longer stays in the ICU.

## 2. Einleitung

Die Intensivmedizin ist geprägt von multimorbiden Patienten, welche über ihren Aufenthalt auf den Intensivstationen zahlreiche Medikamente in ihrer intravenösen (i.v.) Darreichungsform erhalten. Der oft desolater periphere Venenzustand der Patienten, gemeinsam mit dem häufig instabilen Zustand des Herz-Kreislaufsystems und dem teils hohen Potenzial der Gefäßreizung der Medikamente, macht einen zuverlässigen und längerfristigen Zugang zum zentralen Gefäßsystem unumgänglich (Szibor–Kriesen et al., 2008) (Ricard et al., 2013). Des Weiteren ermöglicht der zentrale Venenkatheter (ZVK) das Monitoring des zentralen Venendrucks, sowie der zentralen Sauerstoffsättigung als Teil des hämodynamischen Monitorings.

Die ZVK sind aus der modernen Anästhesiologie und Intensivmedizin nicht weg zu denken, ermöglichen sie doch als Multilumenkatheter gleichzeitig die Applikation multipler i.v. Medikamente, parenteraler Ernährung, sowie eine Erweiterung des hämodynamischen Monitorings. In den Jahren 2017 bis 2020 ergab sich daraus auf deutschen interdisziplinären Intensivstationen eine Device-Anwendungsrate von nahezu 69% (NRZ - Nationales Referenzzentrum für Surveillance von nosokomialen Infektionen, 2020). Jedoch birgt jede Punktion sowie jeder einliegende Katheter gewisse Risiken, die es zu vermeiden gilt.

Die Fehlpunktion arterieller Gefäße, bis hin zu hämodynamisch relevanten Blutungen, Hämatome, Hämatothorax, Pneumothorax, die Verletzung des zu punktierenden Gefäßes, die Verletzung umliegender Nerven, Thrombosen sowie die Fehllage in anderen Venen sind im klinischen Alltag gefürchtete Komplikationen (Kusminsky, 2007).

Durch die genaue Kenntnis der Anatomie, die Erfahrung des punktierenden Arztes, sowie die Nutzung moderner Methoden, allen voran die Ultraschall-gesteuerte Punktion, sowie den frühestmöglichen Ausschluss kritischer Komplikationen mittels Ultraschall und gegebenenfalls mittels Röntgenaufnahme, wird das Komplikationsrisiko für den Patienten minimiert beziehungsweise ein schnelles Eingreifen bei Komplikationen ermöglicht (Bank & Lemmen, 2017).

Liegt ein ZVK erst einmal an seinem korrekten Ort ist man vor Komplikationen nicht sicher. Zu jeder Zeit sind Katheter-assoziierte Blutstrominfektionen möglich. Die ZVK-assoziierte Sepsisrate lag in den Jahren 2017 bis 2020 auf deutschen interdisziplinären Intensivstationen bei 1,18% (NRZ - Nationales Referenzzentrum für Surveillance von nosokomialen Infektionen, 2020). Diese gilt es durch die genaue Beobachtung des Patienten, seiner Vitalwerte, Änderungen in den Laborparametern und der mikrobiologischen Diagnostik der Erreger in der Blutbahn schnellstmöglich zu erfassen. Der mikrobiologischen Diagnostik wird dabei ein

besonderer Stellenwert zugeschrieben. Neben den Blutkulturen und dem Erregernachweis an der ZVK-Spitze, wird die differential time to positivity genutzt. Dabei wird der Zeitunterschied zwischen dem Erregernachweis der zentral und der peripher entnommenen Blutkultur betrachtet. Wird die durch den ZVK gewonnene Blutkultur mehr als zwei Stunden vor der peripher gewonnenen Blutkultur positiv, so kann von dem Katheter als Infektionsquelle ausgegangen werden. Dies spielt insbesondere bei Patienten auf der Intensivstation eine wichtige Rolle, da der Infektfokus bei septischen Patienten nicht immer auf den ersten Blick zu erkennen ist. Durch den Erregernachweis kann eine kalkulierte antiinfektive Therapie in die Wege geleitet werden.

Die Risiken für einen Patienten mit einer Katheter-assoziierten Sepsis, im Sinne einer erhöhten Sterblichkeitsrate, die zeitliche Verlängerung des Intensivaufenthalts, sowie die daraus resultierenden Kosten für das Gesundheitswesen von durchschnittlich 20000€ sind für die Relevanz des Themas nicht zu vernachlässigen (Leistner et al., 2014).

Jeder Intensivpatient ist durch seine Anatomie, vorangegangene Krankenhausaufenthalte, sowie sein aktuelles Krankheitsbild individuell. Daher ist nicht bei jedem Patienten die Punktion desselben Gefäßes sinnvoll. Gefäßanomalien, Thrombosen, bereits einliegende Katheter oder akute Verletzungen des Patienten sind nur ein paar Beispiele für Gründe, aus denen die ZVK-Anlage in ein anderes Gefäß indiziert sein kann. Auch die Technik des Atemwegsmanagements, sowie die Beatmung spielen eine Rolle. Bei positiven Beatmungsdrücken kommt es zu einem Blutrückstau in die Halsvenen. Dies erleichtert die Punktion der Vena jugularis (VJ) bei beatmeten Patienten. Ebenfalls sollte die Anatomie und Durchgängigkeit des Gefäßes der Gegenseite bei der Wahl des Zugangsweges berücksichtigt werden. Bei dem Zugangsweg der Vena jugularis interna (VJI) stellt eine Stenose der Gegenseite eine Kontraindikation für das entsprechende Gefäß dar. Zu guter Letzt darf auch die Erfahrung des punktierenden Arztes nicht außer Acht gelassen werden (Schulz et al., 2020). Aufgrund der bereits beschriebenen erleichterten VJ-Punktion bei beatmeten Patienten, ist dies häufig die erste Lokalisation, welche Assistenzärzten beigebracht wird. Die daraufhin entwickelte Routine vermag einige dazu verleiten, Katheter-Anlagen in der VJ zu bevorzugen. Die aktuelle Studienlage belegt ein höheres Infektionsrisiko für ZVK, welche in der Vena femoralis (VF) eingebracht wurden (Merrer et al., 2001). Die VJ und Vena subclavia (VSc) sollten daher im klinischen Alltag bevorzugt werden (Parianti et al., 2015). Aufgrund des graderen anatomischen Verlaufs sollte die rechte VJI der linken vorgezogen werden. Bei der VSc ist die linke VSc der rechten, aufgrund des weniger gekrümmten Verlaufs, vorzuziehen, um das Risiko einer Dislokation zur Gegenseite zu minimieren. Welcher Anlageort gewählt wird, ist letzten Endes eine Entscheidung des punktierenden Arztes, welcher die Wahl von der individuellen Situation und seinem eigenen Können abhängig macht (Ge et al., 2012). Grade

die Punktion der unter der Clavicula verborgenen VSc gestaltet sich für ungeübte Ärzte schwierig. Genaue anatomische Kenntnisse, individuell überprüft mittels Ultraschall, in einem so genannten *Pre-Scan*, sowie die richtige Technik ermöglichen die Punktion als „Landmarkentechnik“. Trotz *Pre-Scan* wird bei dieser Methode ohne Sichtkontrolle über die Nadel punktiert, sodass das Risiko der Verletzung der dicht dorsolateral der VSc gelegenen Arteria Subclavia (ASc) oder sogar der in direkter Nähe befindlichen Pleura und der angrenzenden Lunge nicht zu vernachlässigen ist. Ein Hämatothorax, Pneumothorax oder sogar die Kombination des Hämatothorax sind mögliche, klinisch schnellstmöglich zu intervenierende Komplikationen.

Um eben dies zu vermeiden kann die Punktionsnadel mittels Ultraschall verfolgt werden. Dabei stehen mehrere Techniken zur Verfügung. Bei der ultraschallgestützten Punktion werden die anatomischen Gegebenheiten des Patienten vor der Punktion mittels Ultraschall überprüft, die eigentliche Punktion erfolgt im Anschluss ohne Ultraschallkontrolle. Bei der Ultraschall-gesteuerten Punktion wird die Punktionsnadel während der gesamten Punktion mittels Ultraschall dargestellt. Während bei der „out of plane“-Technik die Nadel in ihrem Querschnitt und somit nur als Punkt dargestellt wird, wird die Nadel bei der „in plane“-Technik in ihrem Längsschnitt dargestellt und über die gesamte Länge verfolgt. Somit kann, insbesondere bei der „in plane“-Technik, der Weg der Punktionsnadel im Gewebe genau verfolgt und dadurch besser gesteuert werden. Um die Sichtkontrolle über die Nadel zu haben, sollte daher die Möglichkeit der Ultraschall-gesteuerten Punktion genutzt werden (Brass et al., 2015).

Insbesondere bei schlanken Patienten ist die Verwendung des meist standardmäßig genutzten Linearschallkopfes zur Darstellung der VSc nicht ideal. Aufgrund der unebenen Beschaffenheit der Fossa infraclavicularis bietet der Linearschallkopf häufig kein ideales Schallbild. Eine 2014 veröffentlichte Studie liefert erste, vielversprechende Daten über die ZVK-Anlage in der VSc mittels Mikrokonvexschallkopf. 24 Katheter wurden allesamt komplikationslos mittels der aus der Neonatologie stammenden Sonde gelegt, 16 darunter von ungeübten Ärzten (Lanspa et al., 2014). Die Stellung des Linear- und Mikrokonvexschallkopfes in der Fossa infraclavicularis, sowie eine Andeutung der Nadelstellung, angedeutet durch den Zeigefinger des Untersuchers, kann Abbildung 1 entnommen werden. Besonders eindrücklich ist hier die deutliche größere Entfernung der Punktionsstelle von der Clavicula bei der Verwendung des Linearschallkopfes, verglichen mit dem Mikrokonvexschallkopf. Dadurch ergibt sich eine längere Punktionsstrecke, welche überwunden werden muss. Der Abstand der aufgezeigten Punktionsstelle zum Jugulum ist ebenfalls bei der Anwendung des Linearschallkopfes deutlich länger. Dadurch erfolgt die Punktion weiter lateral als mit dem Mikrokonvexschallkopf. Dies hat zur Folge, dass eine längere Distanz zur Vene zurückgelegt werden muss, da die Vene im

lateralen Bereich tiefer als im medialen Bereich verläuft.



*Abbildung 1: Position des Linearschallkopfes (links) und Mikrokonvexschallkopfes (rechts) in der Fossa infraclavicularis  
Der Finger des Untersuchers demonstriert die Stellung der Punktionsnadel*

Im Rahmen der Microconvex in-plane subclavian puncture (MISP)-Studie wird am Universitätsklinikum des Saarlandes seit 2020 der Mikrokonvex-Schallkopf als Alternative in einer randomisierten klinischen Studie untersucht. Die Studie bedient sich der von Dr. med. M. Gyenge und PD Dr. med. A. Meiser entwickelten MISP-Technik (genaue Beschreibung folgt in Kapitel 3.3.4). Neben der randomisierten, prospektiven Studie im OP des UKS finden seit dem 29.04.2021 Mitarbeiterschulungen zu der MISP-Technik statt, um die Ärzte im Umgang mit der Mikrokonvex-Sonde zu schulen und ihnen die MISP-Technik näher zu bringen. Können hierdurch die Komplikationen bei der ZVK-Anlage, auch bei jungen und ungeübten Ärzten vermindert werden, könnte dies eine Alternative zu dem aktuell meistgenutzten Zugangsweg der VJ werden. Somit beschäftigt sich diese Dissertation mit dem Vergleich unterschiedlicher Lokalisationen zentralvenöser Katheter bei Patienten einer interdisziplinären operativen Intensivstation.

In der folgenden Arbeit wird durchgehend die männliche Form verwendet, welche alle Patient\*innen und Ärzt\*innen einschließt.

## 2.1. Fragestellung

In Hinblick auf die in der Einleitung dargestellten Risikokonstellationen hat die vorliegende prospektive, klinische Studie das folgende Ziel: Es soll untersucht werden, ob die Anlage eines ZVK in die VSc, verglichen mit der Anlage in die VJ, mit einem günstigeren Anwendungs- und Risikoprofil verbunden ist.

Um diese Fragestellung multiperspektivisch zu beantworten, sollen folgende Punkte untersucht werden:

1. Prävalenz der unterschiedlichen Lokalisationen und deren Änderungen im Beobachtungszeitraum
2. Klinisch relevante Komplikationen bei der Anlage
3. Komplikationen, die zur Entfernung des Katheters führen
4. Katheter-assoziierte Infektionen
5. Komfort für den Patienten
6. Beurteilung des Handlings der Katheter durch Pflegekräfte

## 3. Material und Methode

Alle Daten wurden während des Beobachtungszeitraums auf der Interdisziplinären Operativen Intensivstation (IOI) des Universitätsklinikums des Saarlandes (UKS) erhoben.

Die Studie erfolgte mit Zustimmung durch die Ethikkommission der Ärztekammer des Saarlandes (Kenn-Nr.: 08/21).

### 3.1. Patienten

Das Probandenkollektiv umfasst alle Patienten, welche in dem betrachteten Zeitraum vom 20.07.2020 bis 20.07.2021 auf die IOI des UKS aufgenommen wurden.

Folgende Einschlusskriterien wurden definiert:

- ZVK-Anlage auf der IOI
- Aufnahme mit ZVK von einer anderen Station im Haus oder aus einem externen Krankenhaus, ab einer Aufenthaltsdauer auf der IOI von mindestens sieben Tagen

Ausschlusskriterien waren:

- Kein ZVK
- Aufnahme mit ZVK von einer anderen Station im Haus oder aus einem externen Krankenhaus, bei Aufenthaltsdauer auf der IOI unter sieben Tagen

### 3.2. Zentralvenöse Katheter

Als ZVK wurden in dieser Studie Mono-/ Multilumen ZVK definiert, über welche die Applikation von Medikamenten, parenteraler Ernährung, Blutprodukten, sowie ein Teil des hämodynamischen Monitorings, wie die Messung des zentralvenösen Drucks und der zentralvenösen Sättigung, durchgeführt wurde. Nicht eingeschlossen wurden zentralvenös gelegte Katheter, welche zum Zweck eines Organersatzverfahrens, beispielsweise der Dialyse oder der ECMO, etabliert wurden.

## 3.3. Anlage der ZVK

### 3.3.1. Material zur ZVK-Anlage

*Tabelle 1: Material zur ZVK-Anlage*

<b>Material</b>	<b>Markenbezeichnung</b>	<b>Hersteller</b>
<b>ZVK-Anlageset</b>	ZVK Quattro Sicherheitsset DE-15854-S	B. Braun SE
<b>Sterile Ultraschallhülle</b>	Ultrasound Cover 001151- 1501	Pajunk GmbH Medizintechnologie
<b>Adapter zur alpha-Card Lagekontrolle</b>	Certodyn® (EKG-Kontrolle)	B. Braun SE
<b>Einlumen-ZVK</b>	ZVK Mono S420 Safety 14G 20cm 4161529	B. Braun SE
<b>Dreilumen-ZVK</b>	ZVK Trio S720 L. 20cm 4167408-07 VE=10	B. Braun SE
<b>Vierlumen-ZVK</b>	ZVK Quattro S820 SafetyL.20cm 4167775S- 07	B. Braun SE
<b>Vierlumen-ZVK</b>	ZVK EU-25703-EK	Arrow International, Inc.
<b>Fünflumen-ZVK</b>	ZVK Quinto S1220 L.20cm, 4166852-07, VE10	B. Braun SE
<b>Medikamentenbeschichteter ZVK-Fixierverband</b>	Tegaderm CHG	3M Deutschland GmbH

### 3.3.2. Indikation

Die Stellung einer Indikation für die Anlage des ZVK wurde anhand gängiger Kriterien individuell für jeden Patienten getroffen und wurde durch die vorliegende Studie nicht beeinflusst.

Zu den Indikationen gehören neben einer kontinuierlichen Verabreichung kreislaufwirksamer Medikamente, wie Katecholaminen, die Infusion von parenteraler Ernährung und der kritische hämodynamische Zustand des Patienten, mit der Notwendigkeit zu einem erweiterten hämodynamischen Monitoring.

### 3.3.3. Durchführung

Bei der im Folgenden beschriebenen Methode handelt es sich um ein Standardverfahren, die Verfahrensanweisung des UKS kann dem Anhang B (SOP: Zentralvenöse Gefäßzugänge) entnommen werden. Eine Abweichung von der beschriebenen Methode, abhängig von der individuellen Situation, dem Patienten, seiner Anatomie, sowie dem durchführenden Arzt, ist möglich. Die Wahl der Lokalisation findet durch den punktierenden Arzt statt und wurde durch die vorliegende Studie nicht beeinflusst.

1. Vorbereitung gemeinsam durch ärztliches und pflegerisches Personal:
  - a. Beschaffung aller Materialien (siehe Kapitel 3.3.1)
  - b. Bereitstellen des Ultraschallgerätes
  - c. Lagerung des Patienten
2. Sedierung des Patienten, falls nicht durch die aktuelle Medikation gegeben
3. Pre-Scan zur Kontrolle der anatomischen Gegebenheiten
4. Vorbereitung durch den Arzt: Anlegen von Haube, Mundschutz, chirurgische Händedesinfektion, Anziehen von sterilem Kittel und Handschuhen und Anordnung der sterilen Materialien nach Präferenz des Arztes
5. Katheter und die zu verwendenden Drei-Wege-Hähne mit 0,9-prozentiger NaCl-Lösung spülen
6. Steriles Aufziehen des Lokalanästhetikums
7. Desinfektion des Punktionsareals
8. Abdecken der Punktionsstelle mittels eines sterilen Lochtuchs
9. Ultraschallsonde mit einer sterilen Hülle beziehen
10. Infiltration des Lokalanästhetikums, gegebenenfalls unter Ultraschallkontrolle
11. Je nach gewähltem Verfahren:
  - a. Punktion nach Orientierung an den gegebenen anatomischen Strukturen (Landmarkentechnik)
  - b. Punktion unter Ultraschallkontrolle
  - c. MISP-Technik (siehe Kapitel 3.3.4)
12. Aspiration von Blut zur Bestätigung der korrekten Kanülenlage
13. Einbringen eines Drahtes über die Punktioskanüle in das Gefäß (Seldinger-Technik, die Verschieblichkeit des Drahtes wird in den folgenden Schritten zwischenzeitlich durch Verschiebung des Drahtes geprüft)
14. Entfernung der Kanüle
15. Dilatation der Einstichstelle mittels eines in dem Punktionsset enthaltenen Dilatators
16. Einbringen des Katheters über den Draht in das Gefäß

17. Kontrolle der Katheterlage:

- a. Verlaufskontrolle des Drahtes per Ultraschall
- b. Lagekontrolle des Drahtes mittels Vorhof-EKG (Pittiruti et al., 2012)
  - i. Rote EKG-Elektrode wird von ihrer Klebeelektrode auf der rechten Schulter des Patienten diskonnektiert
  - ii. Elektrode mit dem Universaladapter (Certodyn®) verbinden
  - iii. EKG-Universaladapter an die Klebeelektrode auf der rechten Schulter des Patienten anschließen
  - iv. Mit dem Ableitungskabel den Seldinger-Draht und den Universaladapter verbinden
  - v. Durch Stellungswechsel des Schalters vom extrakorporalen auf das intravasale EKG umschalten
  - vi. Erhöhung der P-Welle bei Drahtlage im Vorhof, welche sich durch Zurückziehen des Katheters in ihre ursprüngliche Morphologie normalisiert (entspricht dann der korrekten Lage in der Vena cava superior)

18. Gegebenenfalls Korrektur der Katheterlage mithilfe des Vorhof-EKG

19. Entfernung des Drahtes

20. Prüfung der einzelnen Schenkel auf Durchgängigkeit durch Aspiration von Blut und anschließende Spülung mittels NaCl-Lösung

21. Bestückung jedes Schenkels mit je einem Drei-Wege-Hahn

22. Annaht des Katheters in Strumpftechnik (siehe Anlage B):

- a. Einzelknopfnaht, je eine auf jeder Seite, zur direkten Annaht des Flügelklips an der Haut, möglichst nah an der Einstichstelle
- b. Der übrige Faden wird überkreuzt bis zum Ende um den ZVK gewickelt und dort verknotet

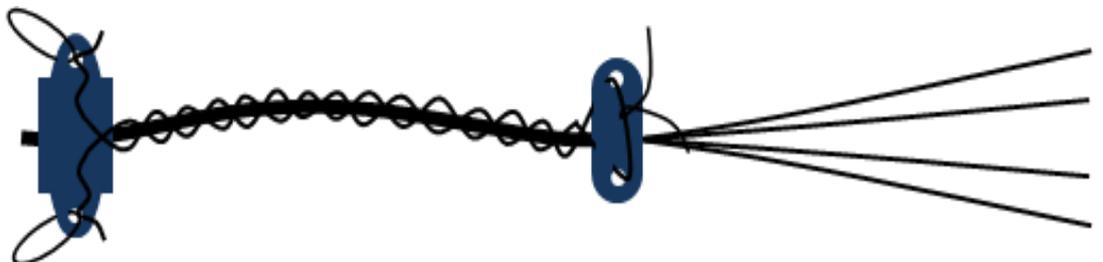


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Strumpf-Technik

23. Abkleben der Einstichstelle mittels eines Fixierverbandes

24. Bei Kathetern in der oberen Thoraxapertur erfolgt gegebenenfalls eine Röntgenkontrolle, dabei sollte sich die Spitze des ZVK auf Höhe der Carina der Trachea projizieren (Schuster et al., 2000).
- a. Abweichungen bis zu fünf Zentimetern werden aufgrund einer zu geringen klinischen Konsequenz belassen
  - b. Fehllagen in anderen Gefäßen als der V. cava superior sollten schnellstmöglich durch eine Neuanlage des Katheters korrigiert werden

### **3.3.4. MISP-Technik**

Die Durchführung der Technik erfolgt in den folgenden Schritten (alle weiteren Schritte können dem Kapitel 3.3.3, Schritt 1-10 vor der Punktion und Schritt 12-22 nach der Punktion entnommen werden):

1. Einstellen eines Querschnitts von V. und A. subclavia am lateralen Rand der Clavicula
2. Einstellung der ASc zentral im Bild
3. Rotation des Schallkopfes zur Einstellung der ASc in der Längsachse
4. Verschieben des Schallkopfes nach kaudal (ohne dabei die Achse zu verändern)
5. Die VSc erscheint in ihrer Längsachse im Schallfenster
6. Verschieben des Schallkopfes entlang der VSc nach medial, wobei die VSc in ihrem Längsschnitt kontinuierlich im Schallfenster gehalten wird

7. Einstellung des idealen Schallbildes (Abbildung 3): Clavicula medial, im unteren Bildausschnitt erscheinen die zweite und dritte Rippe, die VSc scheint zwischen der zweiten Rippe und der Clavicula in die Tiefe zu ziehen (das Phänomen wird von den Entwicklern der Technik als „Schlund“ bezeichnet)

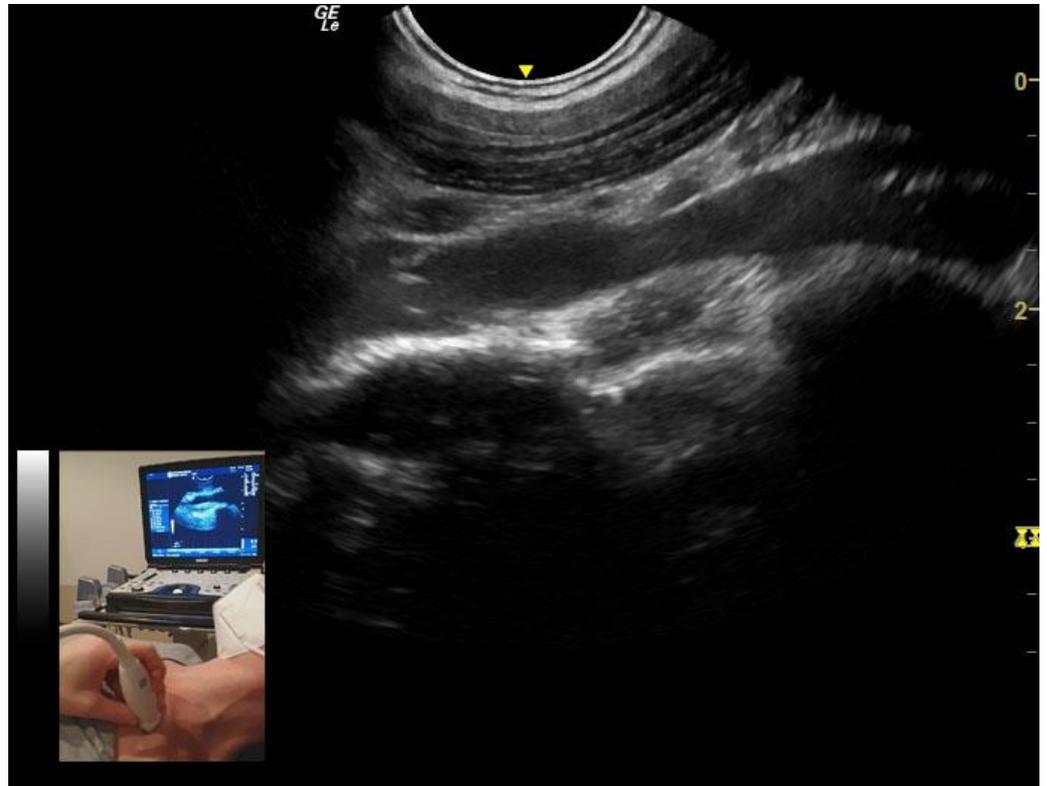


Abbildung 3: Ultraschallbild der VSc in der Längsachse

8. Punktion: die Stichrichtung der Nadel zeigt auf den „Schlund“ mit Tendenz auf die zweite Rippe zu, sodass Clavicula und zweite Rippe einen Rahmen für die Nadel bilden (bei einer Fehlpunktion sollen so Komplikationen, wie beispielsweise eine Verletzung der Pleura durch einen zu steilen Punktionswinkel, minimiert werden; des Weiteren wird so eine möglichst mediale Punktion der VSc ermöglicht)

### **3.3.5. Personalschulung zur MISP-Technik**

Ab dem 29.04.2021 wurden im Rahmen des MISP-Projekt Personalschulungen am UKS angeboten.

Die Schulung ist Teil des MISP-Projekts an der Universität des Saarlandes und wird von Herrn M. Eizenhammer durchgeführt. Sie richtet sich vorrangig an Assistenzärzte der Anästhesie.

Die Personalschulung umfasst neben An- und Abtestat 6 Stationen.

Vor Beginn der Schulung absolvierten die Teilnehmer ein Online-Antestat. Neben Fragen zur Erfahrung des Teilnehmers in der Anästhesie und der Anlage zentralvenöser Katheter, mussten die Teilnehmer anhand eines anatomischen Bildes der Clavicularegion 10 Strukturen zuordnen. Ebenfalls geprüft wurde die Fähigkeit der Teilnehmer Ultraschallbilder der korrekten anatomischen Lage zuzuordnen und anatomische Strukturen in Ultraschallbildern zu bestimmen. Zum Abschluss des Antestates mussten die Teilnehmer multiple Choice Fragen zur MISP-Technik, dem Mikrokonvex-Schallkopf und der VSc-Punktion beantworten.

In der Schulung wurden die anatomischen Kenntnisse der Teilnehmer geprüft, indem sie die A. subclavia und V. subclavia, dargestellt durch Pfeifenputzer, an einem Skelett modellierten. Neben der Lagebeziehung von Vene und Arterie wurden der Abstand von einem vorher festgelegten Kreuzungspunkt der Vene mit der Claviculavorderkante gemessen, sowie die Winkeldifferenz zum Idealverlauf der Vene an der Claviculavorderkante ermittelt.

In einem Video-Tutorial wurde den Teilnehmern die MISP-Technik erläutert.

Bei der nächsten Station wurde die MISP-Technik an zwei Probanden erlernt und geübt, wobei auf die Punktion verzichtet wurde.

Die Punktion wurde an einem planen Modell und anschließend an einem anatomisch korrekten Modell der Region geübt.

An einer weiteren Station wurde die ZVK-Annahrt an einem Silikonmodell auf die benötigte Zeit getestet.

Die Kenntnisse der Teilnehmer in Bezug auf ZVK-Komplikationen wurden anhand von Fragen zu Röntgen- und Ultraschallbildern an einer weiteren Station geprüft.

Im Abtestat wurde der Lernerfolg der Schulungsteilnehmer geprüft, inhaltlich entsprach es dem Antestat in einer abgeänderten Reihenfolge.

### **3.3.6. Pflegerisches Hygienemanagement des ZVK**

Die Katheter wurden nach der Anlage hauptsächlich durch die Pflege betreut, während die Stationsärzte den Katheter bei ihrer täglichen Patientenuntersuchung einschätzten. Das pflegerische Personal führte während der täglichen Pflege eine Sichtkontrolle der Einstichstelle durch und dokumentierte dies in der elektronischen Patientenakte. Weitere Auffälligkeiten wurden ebenfalls dokumentiert.

Bei trockener, nicht mehr blutender Einstichstelle wurde der Katheter mit einem Fixierverband (Tegaderm CHG, 3M Deutschland GmbH), mit Medikamenten-beschichteter Gelaufage, verpflastert. Der Verband wurde, sofern keine Undichtigkeiten oder Probleme der Haftung bestanden, für 7 Tage belassen. Der Wechsel erfolgte durch eine examinierte Pflegekraft unter keimarmen Bedingungen. Die Einstichstelle wurde bei dem Pflasterwechsel mit gängigen Desinfektionsmitteln gereinigt und mit sterilen Kompressen von der Feuchtigkeit befreit, bevor ein neuer Medikamenten-beschichteter Fixierverband auf die Einstichstelle geklebt wurde. Nur in Ausnahmefällen, wie unzureichender Klebhaftung oder Auffälligkeiten an der Einstichstelle des Katheters, wurde der Verband vor dem siebten Tag gewechselt. In seltenen Fällen, wie nässenden Einstichstellen oder schlechter Haftung des Fixierverbandes, aufgrund haarigen Untergrundes, anderen in der Nähe befindlichen Kathetern, welche den vollständigen Abschluss der Klebefläche verhindern, starkem Schwitzen des Patienten oder deutlicher Unruhe des Patienten wurden Kompressen oder einfache Pflaster zum Schutz der Einstichstelle verwendet.

## **3.4. Geräte und Software**

Die erhobenen Daten entstammen der Dokumentation des Teams aus Assistenzärzten, Fachärzten, sowie Pflegekräften der IOI, der Radiologie und der Mikrobiologie des UKS. Die Daten entstammen der alltäglichen klinischen Dokumentation, es wurden keine zusätzlichen Daten für die vorliegende Studie dokumentiert oder erhoben. Dokumentiert wurde im digitalen Patientendatenmanagementsystemen (PDMS) SAP NetWeaver (SAP NetWeaver, GUI, Dateiversion: 7400.3.12.3366, SAP Deutschland SE & Co. KG, Hasso-Plattner-Ring 7, 69190 Walldorf, Deutschland), sowie in der elektronischen Patientenakte COPRA 5.0 (COPRA System GmbH, Berliner Straße 112a, 13189 Berlin, Deutschland).

## 3.5. Datenerhebung

Vom 20.07.2020 bis 20.07.2021 wurden zweimal in der Woche die Patienten der IOI in der elektronischen Patientenakte COPRA nach Erfüllung der Einschlusskriterien betrachtet, die entsprechenden Patienten und Katheter in die Exceltabelle der Rohdaten aufgenommen und aktualisiert. Unstimmigkeiten in der Dokumentation wurden unter Rücksprache mit den Ärzten und Pflegekräften der IOI korrigiert. Die Daten der mikrobiologischen Diagnostik und die Röntgenbilder wurden dem PDMS SAP NetWeaver entnommen. Bei Verlegung des Patienten von der IOI auf eine andere Station des UKS wurde der einliegende Katheter über das Dokumentationssystem der jeweiligen Station weiter nachverfolgt. Des Weiteren wurde in einem zweiwöchigen Turnus eine Katheter-Visite auf der IOI durch die Doktorandin durchgeführt. Bei dieser wurden die einliegenden Katheter, sofern möglich, beurteilt und es fand ein Austausch mit den Pflegefachkräften und Ärzten der IOI, bezüglich bestehender Probleme in Bezug auf die Katheter, statt.

### 3.5.1. Patientendaten

Jedem Patienten wurde bei Aufnahme in die Rohdaten-Exceltabelle eine Nummer zugeteilt. Die Stammdaten der Patienten wurden aus der elektronischen Patientenakte übernommen, welche von den Mitarbeitern der IOI gepflegt wird.

Dokumentiert wurden folgende Daten:

- Allgemeine Daten zu dem Patienten: Patienten-ID, Initialen, Geburtsdatum, Geschlecht, Größe und Gewicht
- Daten über die Aufnahme auf der IOI:  
Tag und Uhrzeit der Aufnahme, SAPS II – Score, ob es sich um eine elektive Aufnahme, beispielsweise nach einem geplanten Eingriff, oder um einen Notfall handelte
- Daten über die Verlegung des Patienten: Tag und Uhrzeit der Verlegung, sowie wohin der Patient verlegt wurde (unterteilt in die folgenden Kategorien:)
  - Patient ist verstorben
  - Verlegung innerhalb des UKS
  - Verlegung in ein anderes Krankenhaus
  - Verlegung in eine Rehabilitationseinrichtung oder ein Pflegeheim
  - Entlassung nach Hause
- Die Wiederaufnahme auf die IOI unter derselben Patienten-ID wurde als neuer Aufenthalt, nicht als neuer Patient, dokumentiert.

- Hauptdiagnose aus dem Bereich der Fachabteilung: Allgemeinchirurgie, Hals-Nasen-Ohren-Kunde/Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie, Gefäßchirurgie, Gynäkologie, Internistisch, Neurochirurgie/Neurologie, Sepsis, Transplantationschirurgie Unfallchirurgie und Urologie
- Bei Aufnahme bekannte Nebendiagnosen: arterielle Hypertonie, chronisch obstruktive Lungenerkrankung, Diabetes mellitus, Dialysepflichtigkeit, koronare Herzerkrankungen und maligne Grunderkrankung

### 3.5.2. Katheterdaten

In der Rohdaten-Exceltabelle der ZVK-Daten wurde zunächst zu jedem Katheter die Patientennummer aus der Patienten-Daten-Exceltabelle dokumentiert. Im Anschluss wurde ausgehend von der Patientennummer eine individuelle ZVK-Nummer vergeben, welche sich aus der Patientennummer und der Nummer des ZVK zusammensetzt. Der zweite ZVK des Patienten 77 entspricht demnach der ZVK-Nummer 77.2. Somit war zu jedem Zeitpunkt eine genaue Zuordnung der ZVK und Patientendaten möglich.

Dokumentiert wurden folgende Daten aus der elektronischen Patientenakte COPRA oder den Anästhesieprotokollen, entnommen aus SAP NetWeaver:

- Lokalisation des ZVK (VJI, VJE, VSc oder VF) mit der Seite (links oder rechts)
- Anlagedatum mit Uhrzeit
- die Station, beziehungsweise Abteilung, in der der Katheter gelegt wurde
- Daten zur Anlage:
  - Art der Anlage
    - „Erstanlage“: die erste ZVK-Anlage des Patienten unter der entsprechenden Aufnahme Nummer
    - „Wechsel (and. Lok.)“: eine ZVK-Neuanlage in eine andere Lokalisation (and. Lok.), entsprechend eines Katheterwechsels
    - „Wechsel (Seldinger-Technik)“: ein Katheterwechsel, bei welchem die Lokalisation beibehalten wurde
    - „Neuanlage“: entspricht einer Katheteranlage bei Patienten, die zuvor einen bereits in die Studie aufgenommenen Katheter hatten, welcher entfernt wurde, wobei zwischen der Entfernung des vorherigen ZVK und der Neuanlage mindestens 24 Stunden lagen

- Anlagetechnik
  - ohne Ultraschall (entspricht der Punktion in Landmarkentechnik ohne vorherigen Pre-Scan)
  - Ultraschallgestützt (welches einem Pre-Scan und der anschließenden Punktion in der Landmarkentechnik entspricht)
  - Ultraschall-gesteuert
- Komplikationen bei der Anlage
- Anzahl der Lumina
- Hautniveau (entspricht der Tiefe des einliegenden Katheters in Zentimetern)
- Lage im Röntgenbild: Abweichung der Katheterspitze von der Höhe der Spitze der Carina in Zentimetern
  - Betrachtet wurde dazu das erste Thorax-Röntgenbild nach Anlage des Katheters, das entsprechende Datum wurde dokumentiert, andere Bildgebende Verfahren wurden nicht berücksichtigt
- Daten zur Entfernung:
  - Datum und Uhrzeit
- Grund für die Entfernung, unterteilt in die folgenden Kategorien:
  - Katheter wird nicht mehr benötigt
  - Verdacht auf einen Katheter-assoziierten Infekt
  - Teilweise oder vollständige Entfernung des Katheters durch den Patienten (Dislokation)
  - Anlage eines anderen Katheters in der Lokalisation des ZVK
  - Defekt am Katheter
    - dazu zählt der Abriss eines oder mehrerer Schenkel des ZVK oder die Verlegung eines oder mehrerer Lumina, welche eine Aspiration und somit auch die Nutzung des entsprechenden Schenkels zur Medikamentenapplikation unmöglich machen
  - Fehllage des Katheters
    - dazu zählt die Lage des ZVK in einer Arterie oder die Projektion der Katheterspitze auf eine andere Vene, wie beispielsweise die kontralaterale VSc oder die ipsilaterale VSc oder VJI

Bei der Entfernung des Katheters aufgrund des Verdachts auf einen Katheter-assoziierten Infekt wurden weitere Daten erhoben, um abschließend eine differenzierte Beurteilung einer eventuellen Katheterinfektion zu ermöglichen. Zu Beginn der Datenerhebung wurde dazu in Zusammenarbeit mit PD Dr. med. A. Meiser und Frau Prof. Dr. med. B. Gärtner ein Infektscore entwickelt, welcher eine grobe Orientierung im Hinblick auf die anschließende

Bewertung eines potenziellen Katheterinfekts liefert. In den Infektscore fließen die folgenden Parameter ein, die Punkte pro Parameter können der Auflistung entnommen werden:

- visuelle Entzündungszeichen der Einstichstelle (0 Punkte für keine Rötung, 1 Punkt für eine leichte Rötung, 2 Punkte für eine starke Rötung, sowie 3 Punkte für das Vorhandensein von eitrigem Sekret)
- entzündungsassoziierte Parameter des Patienten:
  - Temperaturmaximum  $>38,5^{\circ}\text{C}$  in den 24 Stunden vor Entfernung des Katheters (1 Punkt)
  - Leukozyten in der täglichen Laborkontrolle am Morgen vor der Katheterentfernung, sowie am Morgen nach der Katheterentfernung (1 Punkt für  $>12000$  Leukozyten/ $\mu\text{l}$ ; 1 Punkt für einen Abfall der Leukozyten am Morgen nach der Entfernung)
- Mikrobiologische Befunde der ZVK-Spitze
  - signifikante Keimzahl (entspricht mehr als fünf Erregern pro Zentimeter Katheter, 1 Punkt)
- mikrobiologische Befunde (sofern vorhanden): kein Keimnachweis (0 Punkte), typischer Hautkeim (1 Punkt) und Keimnachweis (2 Punkte):
  - Blutkulturen-Triplet (je eine Flasche zur Beurteilung von Anaerobiern, Aerobier und Pilzen) aus dem einliegenden ZVK mit Infektverdacht
  - Blutkulturen-Triplet (je eine Flasche zur Beurteilung von Anaerobiern, Aerobier und Pilzen) aus einer neuen (peripheren) Punktion
- Nachweis der differential time to positivity  $>2\text{h}$  (1 Punkt)
- Fokus abseits eines Katheter-assoziierten Infekts möglich (2 Punkte werden vergeben, wenn kein Fokus abseits des Katheter-assoziierten Infekts denkbar ist)
- Besserung des Gesamtzustandes nach Entfernung des Katheters (1 Punkt)

Anhand dieser Parameter, sowie der Dokumentation der Intensivmediziner, wurde, durch einen in Bezug auf die ZVK-Lokalisation verblindeten Untersucher, eine abschließende Infektbewertung durchgeführt. Dabei wurde insbesondere die mikrobiologische Diagnostik, der Rückgang der Entzündungsparameter, sowie die Besserung des Gesamtzustands des Patienten nach Entfernung des Katheters geprüft.

Die potenziellen Infekte wurden in die fünf Kategorien „sicher nicht“, „wahrscheinlich nicht“, „möglich“, „wahrscheinlich“, „sicher“ eingeteilt.

### **3.6. Pflegebefragung: Handling zentralvenöser Katheter**

Nach Abschluss der Studie wurde ein Fragebogen zur Befragung der Pflegekräfte über das Handling zentralvenöser Katheter auf der IOI entwickelt und an die Pflegekräfte ausgeteilt (Fragebogen siehe Anlage D Pflegebefragungsbogen).

### **3.7. Statistische Analyse**

Die erhobenen Daten wurden mittels Microsoft Excel (Office 16) verarbeitet.

Die T-Tests wurden mittels Microsoft Excel als zweiseitiger, unabhängiger T-Test mit einem Signifikanzniveau von 0,05 durchgeführt.

Die Chi<sup>2</sup>-Tests wurden mittels Microsoft Excel als Globaltest oder paarweiser Vergleich, mit einem Signifikanzniveau von 0,05, durchgeführt.

Die Abbildungen wurden in Microsoft Excel (Office 16) erstellt und mit Microsoft PowerPoint (Office 16) weiterbearbeitet. Die Tabellen wurden in Microsoft Word (Office 16) erstellt.

# 4. Ergebnisse

## 4.1. Patienten

In die einjährige Studie wurden 320 Patienten (weiblich: 122, männlich: 198) eingeschlossen. Einschlusskriterien waren:

- ZVK-Anlage auf der IOI
- Aufnahme mit ZVK von einer anderen Station im Haus oder aus einem externen Krankenhaus, ab einer Aufenthaltsdauer auf der IOI von sieben Tagen

Alter, Größe, Gewicht, BMI und SAPS II bei Aufnahme können der Tabelle 2 entnommen werden.

*Tabelle 2: Alter, Größe, Gewicht, BMI und SAPS II der Patienten bei Erstaufnahme auf die IOI*

<b>Parameter</b>	<b>Durchschnitt und Standardabweichung</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>
<b>Alter [in Jahren]</b>	65,9 ± 14,8	16	95
<b>Größe [in cm]</b>	172,2 ± 9,4	145	203
<b>Gewicht [in kg]</b>	84,2 ± 25,1	35	230
<b>BMI [in kg*cm<sup>2</sup>]</b>	28,4 ± 8,3	14	76
<b>SAPS II</b>	39,5 ± 12,0	6	73

Ein Aufenthalt ist definiert als die Erfassung der Patientendaten in der elektronischen Patientenakte der IOI, sowie der Anwesenheit des Patienten auf der Station, die Abwesenheit des Patienten aus therapeutischen oder diagnostischen Gründen ist in den Aufenthalten eingeschlossen. Aufgrund von Rückverlegungen innerhalb des UKS gab es bis zu fünf Aufenthalte. Die Anzahl und Dauer der Aufenthalte auf der IOI, sowie ob es sich um einen Notfall handelte ist Tabelle 3 zu entnehmen. Insgesamt wurden 5247 Behandlungstage auf der IOI betrachtet.

*Tabelle 3: Anzahl der Aufenthalte*

*(Aufgeführt wird für jeden Aufenthalt die Anzahl der Patienten, mit Prozentsatz aus dem gesamten Patientenkollektiv, die Aufenthaltsdauer in Tagen [d], die Range in Tagen [d], sowie bei wie vielen der Patienten es sich um eine Notfallaufnahme handelte, mit der Prozentzahl an Notfällen von den in dem Aufenthalt aufgenommenen Patienten, bei den übrigen Aufnahmen handelte es sich um elektive Aufnahmen)*

<b>Aufenthalt</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Patientenanzahl</b>	320 [100%]	54 [17%]	16 [0,050%]	4 [0,013%]	1 [0,003%]
<b>Aufenthaltsdauer [d]</b>	14 ± 14,6	9 ± 13,6	10 ± 20,9	4 ± 1,8	5 ± 0,0
<b>Range [d]</b>	0-85	0-76	0-72	1-6	5-5
<b>Notfall</b>	231 [72%]	41 [76%]	16 [100%]	1 [25%]	1 [100%]

Die Station, von der die Patienten auf die IOI übernommen wurden, ist Tabelle 4 zu entnehmen.

*Tabelle 4: Übernahme von einer anderen Station oder Abteilung*

*(Die Patienten wurden eingeteilt in die Kategorien „post OP“, „andere ITS“ [entspricht einer Verlegung von einer anderen Intensivstation (ITS= Intensive Care Unit)], „ZNA“ [entspricht der Übernahme aus der zentralen Notaufnahme (=ZNA)] und „Normalstation“)*

<b>Aufenthalt</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>OP</b>	143	15	3	2	0
<b>Andere ITS</b>	63	5	2	1	0
<b>ZNA</b>	41	0	0	0	0
<b>Normalstation</b>	73	34	11	1	1

Die Art der Verlegungen können der Abbildung 4 entnommen werden.

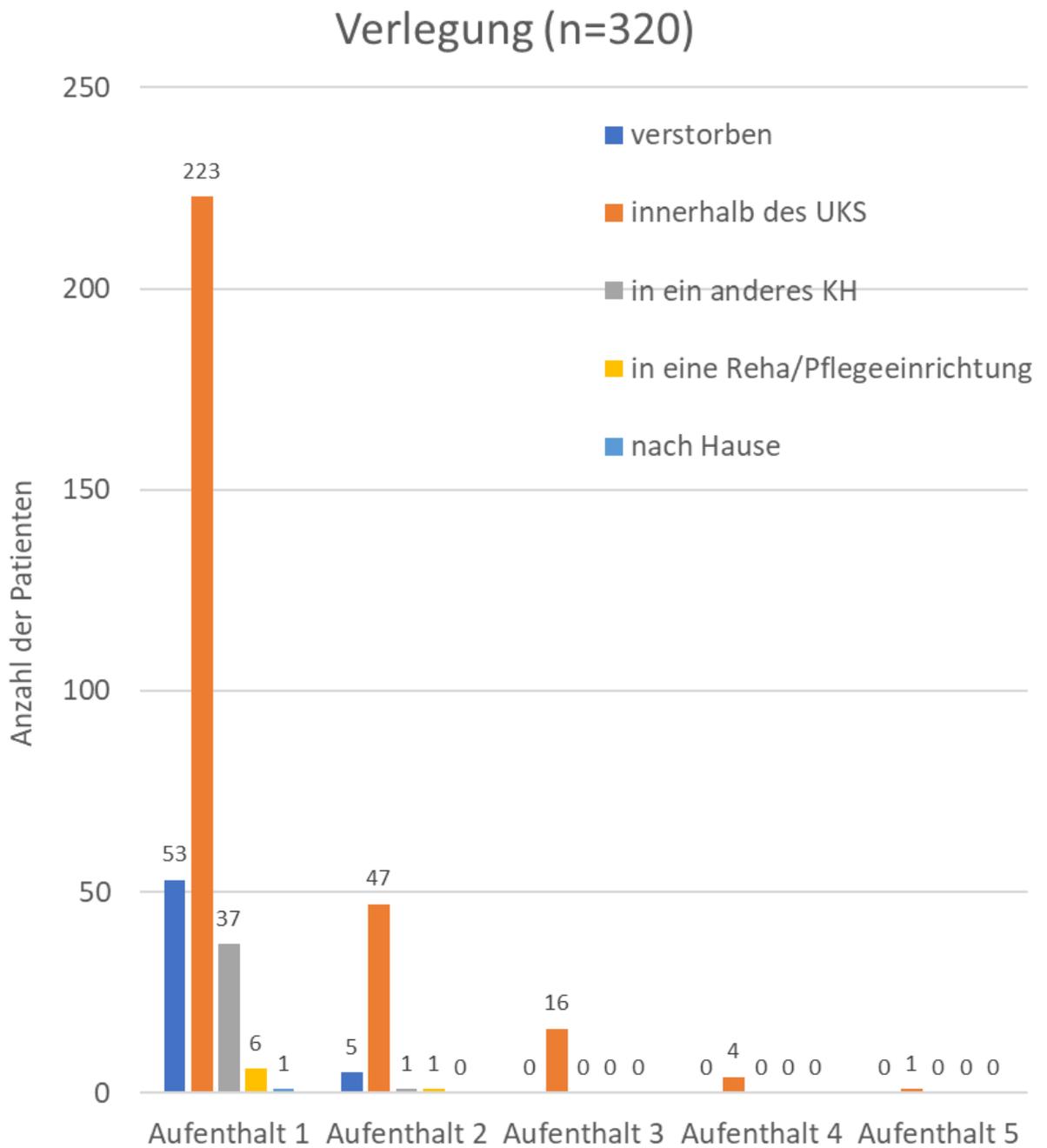


Abbildung 4: Verlegung von der IOI  
 (Unterteilt in die Kategorien „verstorben“, „innerhalb des UKS“, „in ein anderes Krankenhaus“, „in eine Rehabilitationseinrichtung/in ein Pflegeheim“ und „Entlassung nach Hause“)

### 4.1.1. Die Diagnosen

Die Anzahl der Patienten, welche mit führendem Problem der mitbetreuenden Fachabteilung auf die IOI aufgenommen wurden, ist der Abbildung 5 zu entnehmen.

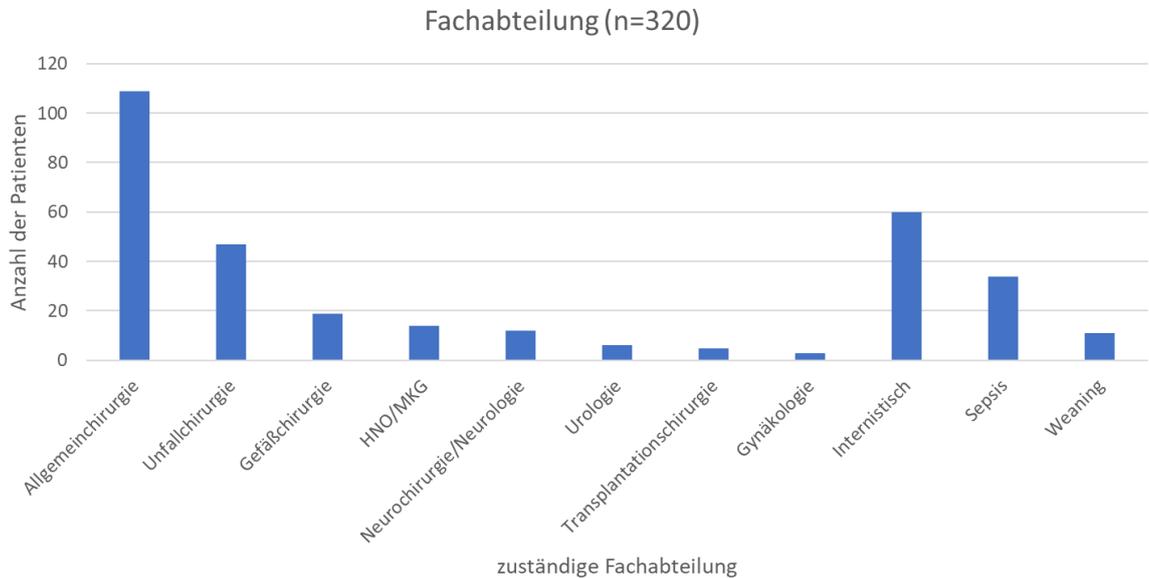


Abbildung 5: Fachabteilung  
(Diagnose aufgrund derer der Patient aufgenommen wurde, unterteilt in die primär zuständige Fachabteilung. Unter „Weaning“ fallen Patienten, deren Aufnahmegrund die Weaning-Beatmungstherapie war, die Kategorie „Sepsis“ umfasst Patienten, welche aufgrund einer Sepsis mit zum Aufnahmezeitpunkt unbekanntem Fokus aufgenommen wurden)

Neben dem Aufnahmegrund wurden einige bei Aufnahme bereits bekannte Erkrankungen, als Vordiagnosen dokumentiert, die genaue Verteilung kann Abbildung 6 entnommen werden.

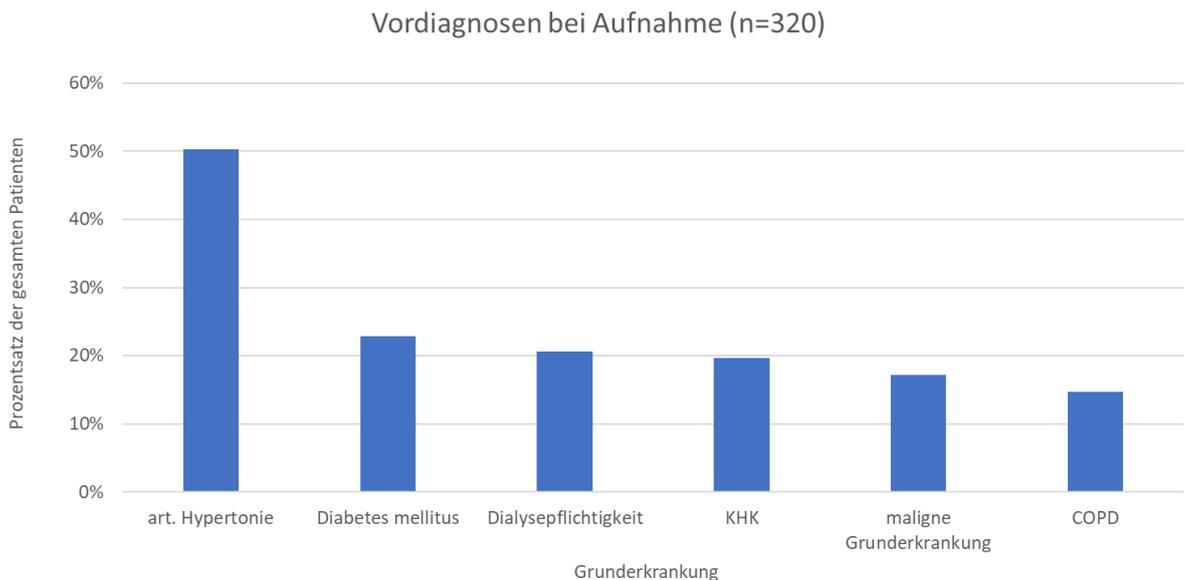


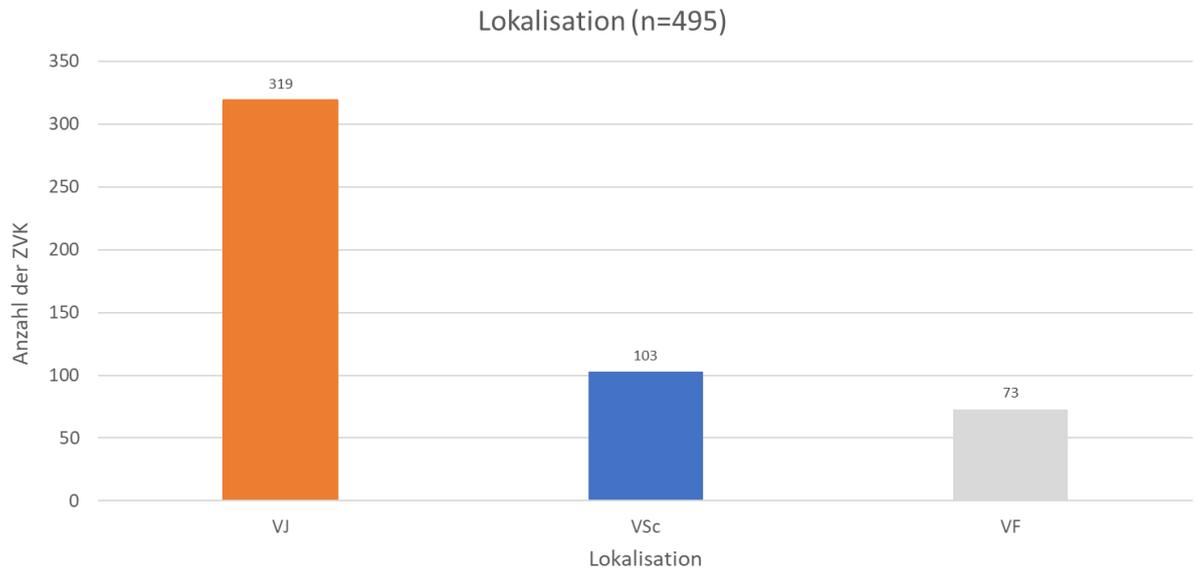
Abbildung 6: (bekannte) Vordiagnosen bei Aufnahme in Prozentzahl des gesamten Patientenkollektives (Mehrfachnennungen möglich)

## 4.2. ZVK

### 4.2.1. Die Anlage

In der einjährigen Studie wurden 495 zentralvenöse Katheter evaluiert.

Zur Auswertung wurden die ZVK in drei verschiedene Lokalisationen eingeteilt (Abbildung 7).



*Abbildung 7: Anzahl der ZVK in der jeweiligen Lokalisation  
(Die ZVK der rechten und linken Körperseite wurden jeweils in einer Lokalisation zusammengefasst, die Kategorie „VJ“ umfasst neben 301 VJI-ZVK auch 18 ZVK in der VJE)*

Über den einjährigen Beobachtungszeitraum konnte eine Veränderung in der Häufigkeit der ZVK-Anlage in den verschiedenen Lokalisationen beobachtet werden. Nach dem Beginn der Mitarbeiterschulungen Ende April 2021, kam es ab der Beobachtungswoche 44 im Mai zu einem signifikanten Anstieg in Bezug auf die VSc-ZVK-Anlagen. Die genaue Entwicklung, dokumentiert als ZVK-Anlagen pro Tag, kann Abbildung 8 entnommen werden. Nicht in die Abbildung mit aufgenommen wurden 39 ZVK bei denen eine Reevaluation des Anlagedatums nicht möglich war (VJ: 29; VSc: 4; VF: 6).

Die Werte der durchschnittlich gelegten ZVK pro Woche können der Tabelle 5 entnommen werden. Dabei fällt auf, dass vor dem Stichtag (23.05.2021) der Anteil der VSc-ZVK an den gelegten ZVK bei 16% lag und nach dem Stichtag auf 50% ansteigt.

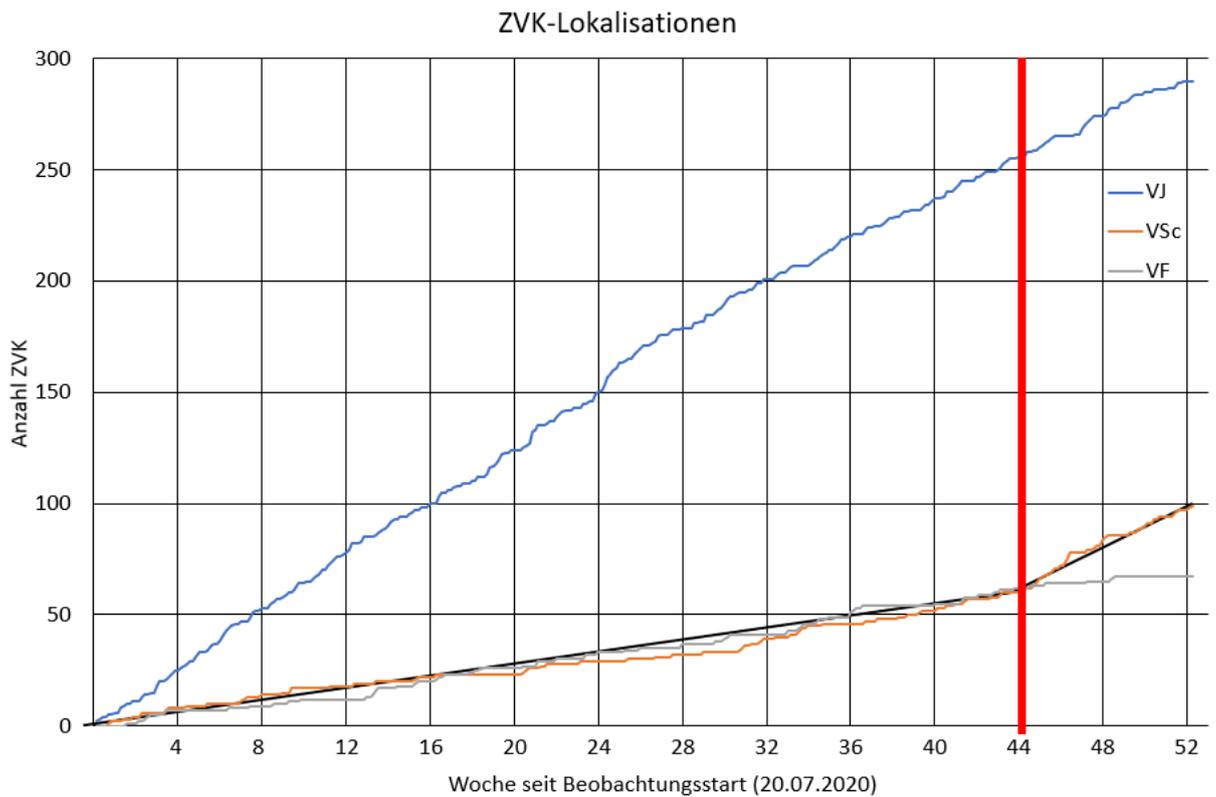


Abbildung 8: Anzahl der ZVK im Zeitverlauf (n= 465)

Keine Angaben zu 39 ZVK (VJ: 29; VSc: 4; VF: 6), bei denen eine Reevaluation des Anlagedatums nicht möglich war.

Zur Veranschaulichung des signifikanten Anstiegs in Bezug auf die VSc-ZVK-Anlagen pro Woche, wurden an den entsprechenden Graphen zwei Graden angelegt (schwarz), welche der durchschnittlichen Steigung entsprechen. Ab der Woche 44 wurden signifikant mehr VSc-ZVK gelegt (zweiseitiger, unabhängiger T-Test,  $p < 0,001$ )

Tabelle 5: ZVK-Lokalisierungen vor und nach dem Stichtag (23.05.2021)

[Angaben als Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) oder Anzahl (%)]

<sup>1</sup> Die Häufigkeiten der ZVK-Lokalisierungen pro Woche vor und nach dem Stichtag wurden mit einem T-Test verglichen.

Lokalisation	Vor dem Stichtag		Nach dem Stichtag		p-Wert <sup>1</sup>
	MW ± SD pro Woche vor Stichtag	Prozent vor Stichtag	MW ± SD pro Woche nach Stichtag	Prozent nach Stichtag	
<b>VJ</b>	5,8 ± 2,0	256 (68%)	3,8 ± 2,0	34 (44%)	0,007
<b>VSc</b>	1,4 ± 1,1	60 (16%)	4,1 ± 1,7	39 (50%)	<0,001
<b>VF</b>	1,4 ± 1,2	62 (16%)	0,6 ± 0,7	5 (6%)	0,050
<b>Alle Lokalisierungen</b>	8,6 ± 4,3	378 (100%)	8,5 ± 4,4	78 (100%)	

Als Anlageort ist der Fachbereich definiert, in welchem die ZVK-Anlage durchgeführt wurde. Die Mehrheit der ZVK wurden auf der IOI gelegt (71%), gefolgt von präoperativen ZVK-Anlagen im Operationssaal (OP) (22%), anderen Stationen des UKS (5%), wobei es sich dabei überwiegend um Intensivstationen handelte, und externen Anlagen (2%), bei denen die Patienten bereits mit ZVK aufgenommen wurden. Die exakte Verteilung kann Abbildung 9 entnommen werden.

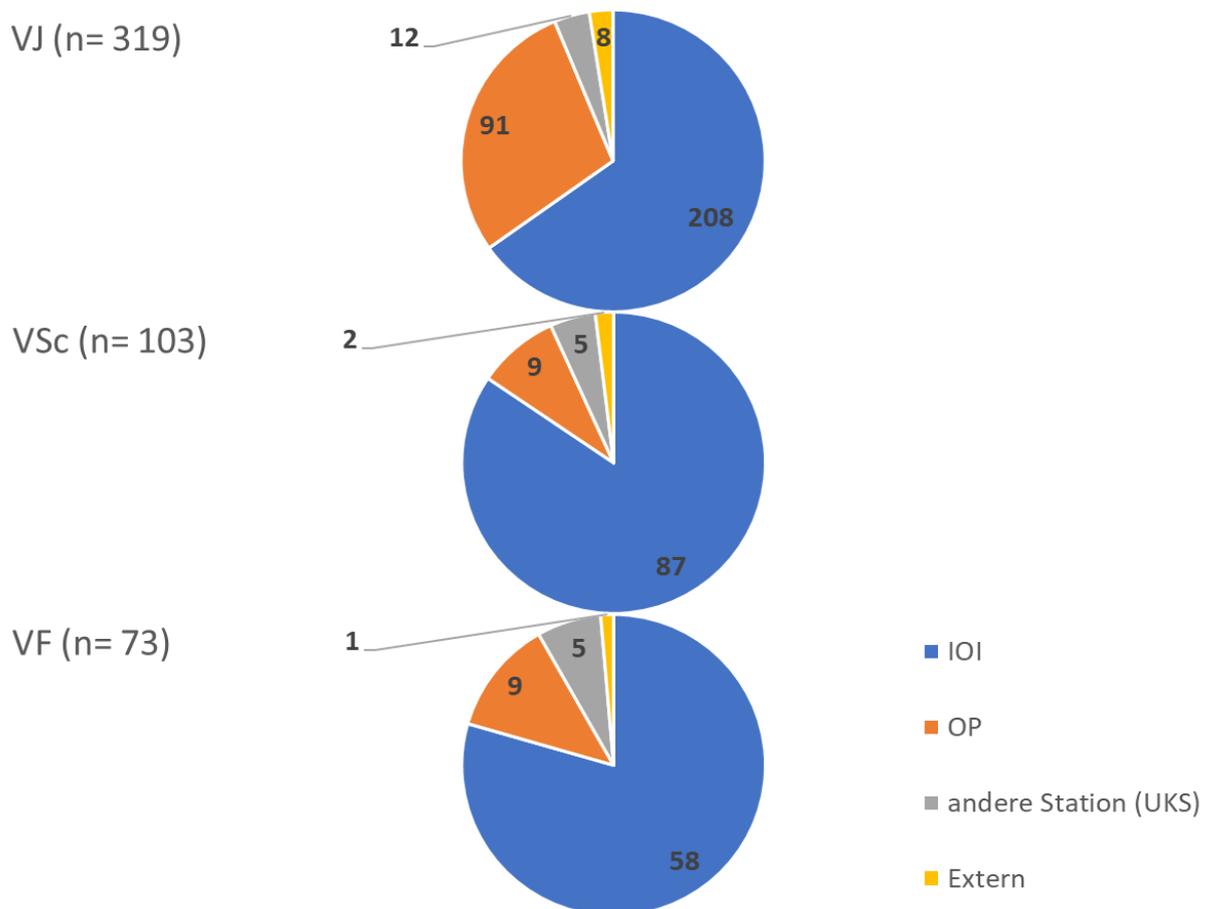


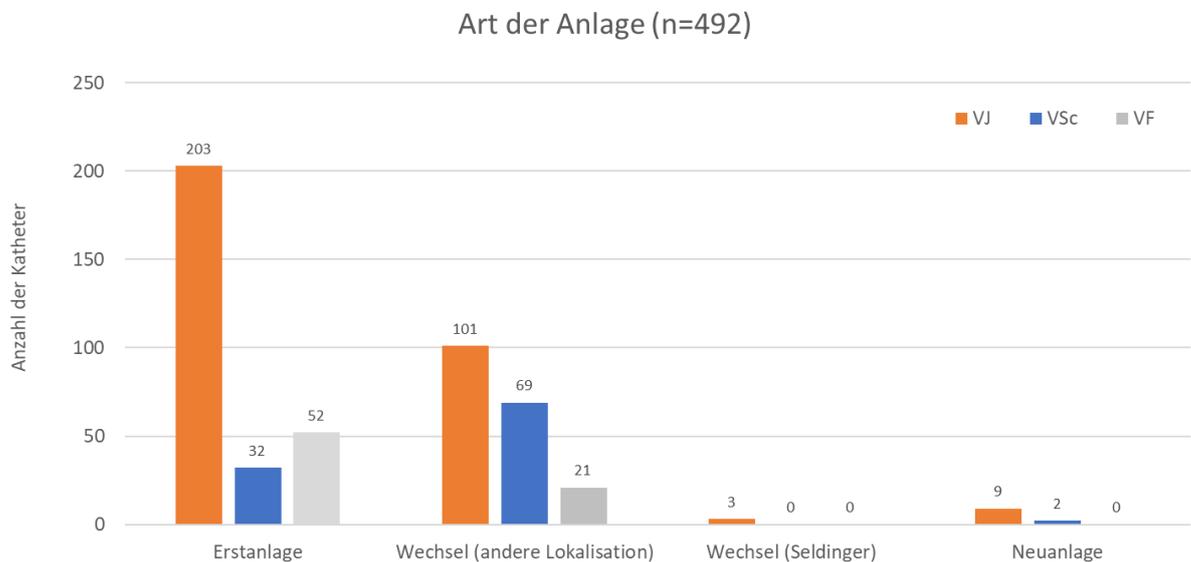
Abbildung 9: Anlageort (Entspricht dem Fachbereich, welcher der ZVK-Anlage durchführte) nach ZVK-Lokalisation; 65% der VJ-ZVK wurden auf der IOI und 29% im OP gelegt, während es bei den VSc-ZVK 85% auf der IOI und 8% im OP waren, bei den VF-ZVK waren es 80% auf der IOI und 12% im OP

Auf der IOI wurden 59% der ZVK in die VJ, 25% in die VSc und 16% in die VF eingelegt. Im OP wurden 83% der ZVK in die VJ, 8% in die VSc und 8% in die VF eingelegt. Auf der IOI wurde die VSc als Lokalisation häufiger gewählt als im OP (IOI (208 VJ/ 87 VSc) versus OP (91 VJ/ 9 VSc), Chi<sup>2</sup>-Test, p= <0,001).

Die Art der Anlage bezieht sich auf den Umstand, ob bereits zuvor ein ZVK bei dem entsprechenden Patienten vorhanden war. Es wurde unterschieden zwischen:

- „Erstanlage“: die erste ZVK-Anlage des Patienten unter der entsprechenden Aufnahmenummer
- „Wechsel (andere Lokalisation)“: eine ZVK-Neuanlage an eine andere Lokalisation
- „Wechsel (Seldinger-Technik)“: ein Katheterwechsel, bei welchem die Lokalisation beibehalten wurde
- „Neuanlage“: entspricht einer Katheteranlage bei Patienten die bereits einen ZVK hatten, wobei zwischen der Entfernung des vorherigen ZVK und der Neuanlage mindestens 24 Stunden lagen

Die genaue Anzahl der Katheter pro Anlageart kann der Abbildung 10 entnommen werden.



*Abbildung 10: Art der Anlage*

*Erstanlagen und Wechsel; von den Erstanlagen machen die VJ-ZVK 71%, die VSc-ZVK 11% und die VF-ZVK 18% aus; bei den Wechseln in anderer Lokalisation machen die VJ-ZVK 53%, die VSc-ZVK 36% und die VF-ZVK 11% aus; bei 3 VJ-ZVK war keine Angabe möglich, sodass sie in dieser Abbildung nicht aufgeführt werden.*

Auffällig ist, dass die Mehrzahl der VJ-ZVK (63,6%) und der VF-ZVK (71,2%) als Erstanlage gelegt wurden, wohingegen die Mehrzahl der VSc-ZVK als Wechsel in einer anderen Lokalisation gelegt wurden (67%) (Chi<sup>2</sup>-Globaltest, p= <0,001; Chi<sup>2</sup>-Test VSc vs. VJ, VSc vs. VF, sowie VSc vs. VJ+VF, p= <0,001).

Bei den Anlagetechniken wurde zwischen „ohne Ultraschall“, welches der Landmarkentechnik entspricht, „Prescan“ und „Ultraschall-gesteuert“ unterschieden (Abbildung 11).

Die überwiegende Anzahl der ZVK wurde Ultraschall-gesteuert gelegt (VJ: 98,5%, VSc: 91,0%, VF: 94,4%)

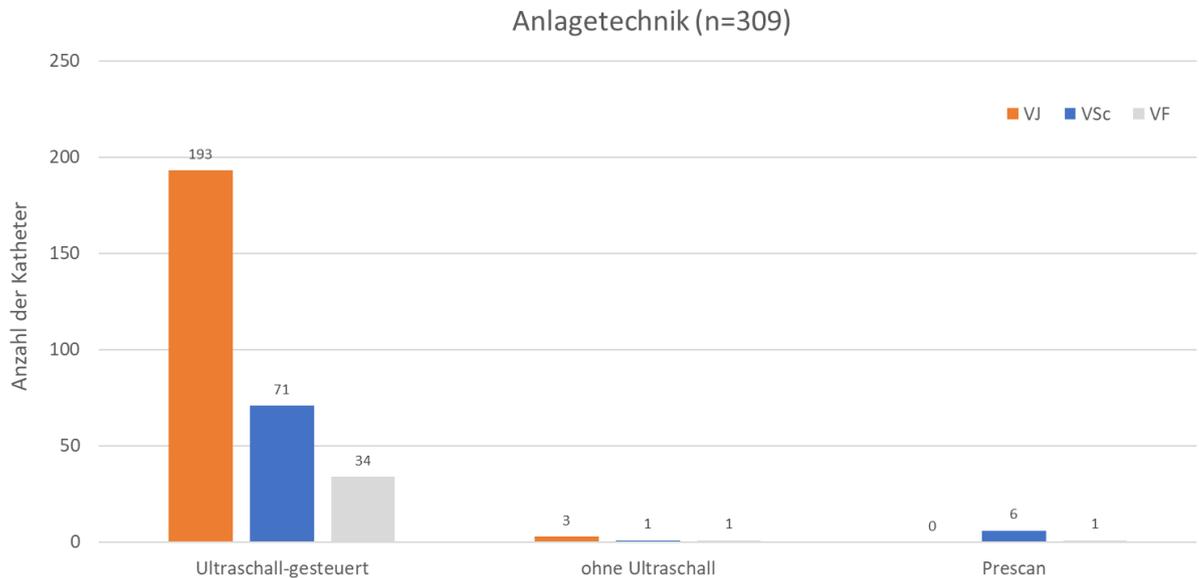
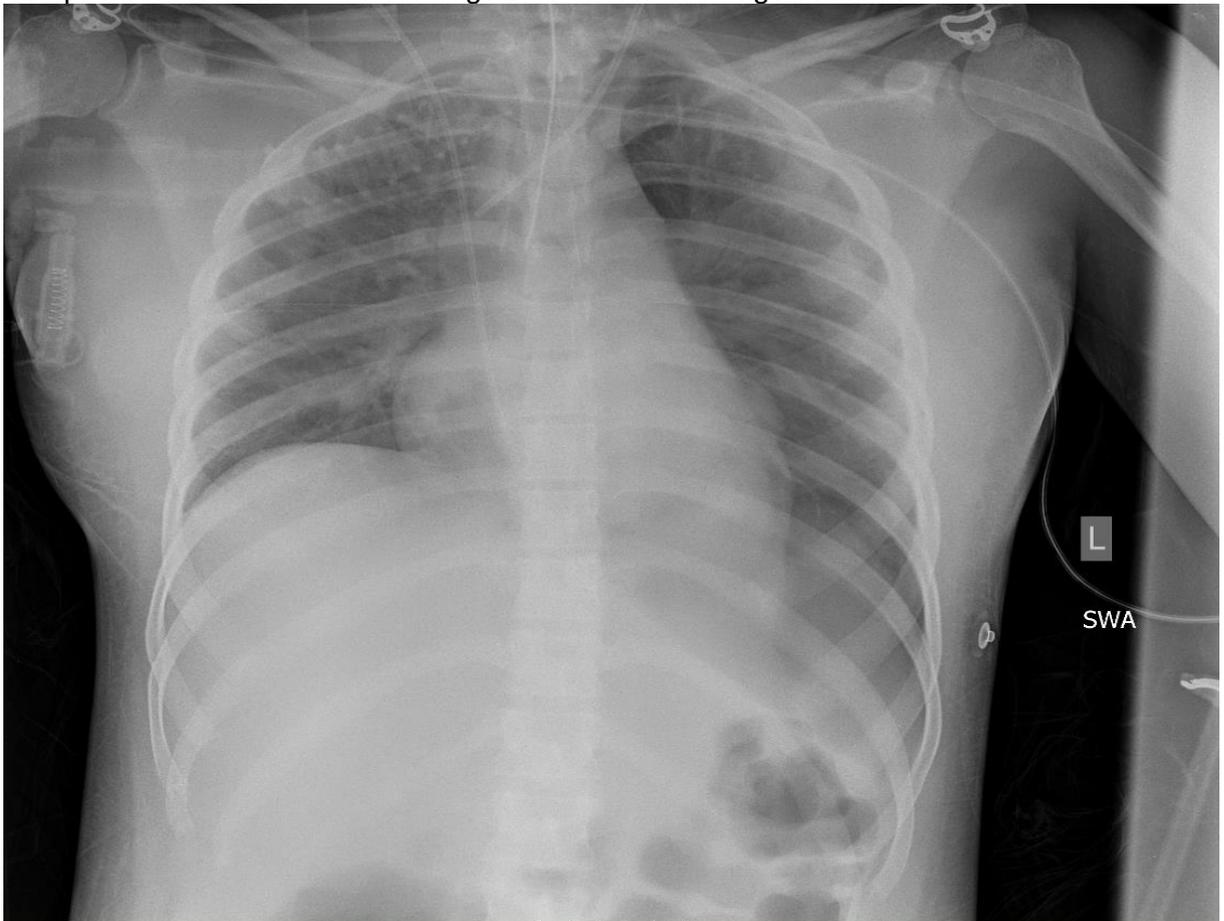


Abbildung 11: Anlagetechnik (Unterscheidung zwischen „Ultraschall-gesteuert“, „ohne Ultraschall“, welches der Landmarkentechnik entspricht und „Prescan“) In 186 Fällen konnte keine Angabe zur Anlagetechnik gemacht werden (123 VJ-ZVK, 25 VSc-ZVK und 37 VF-ZVK)

Die Anlage der Katheter in der oberen Thoraxapertur erfolgte in den meisten Fällen problemlos, in vier Fällen kam es zu Komplikationen. Für die Lokalisation VF wurden keine Komplikationen dokumentiert, sie werden daher im Folgenden nicht aufgelistet.

Bei drei Anlagen von Kathetern in der VSc kam es zu einer Punktion der Arteria subclavia (n= 89, keine Angaben zur Anlage in 14 Fällen). Keine dieser Punktionen hatte eine interventionsbedürftige Blutung zur Folge.

Bei einer Katheteranlage in der VJI kam es in Folge der Prozedur zu einem ipsilateralen Spannungspneumothorax (n= 242, keine Angabe zur Anlage in 77 Fällen). Auf dem folgenden Röntgenbild des Patienten (Abbildung 12) können die Komponenten eines Spannungspneumothorax detektiert werden: Zwerchfelltiefstand auf der betroffenen Seite, eine leichte Erweiterung der Interkostalräume, sowie eine beginnende Verlagerung des Mediastinums nach kontralateral. Aufgrund eines vorbestehenden Pleuraergusses wird der Pneumothorax zum Teil überlagert, sodass dieser weniger deutlich sichtbar ist. Die Komplikation konnte durch die Anlage einer Thoraxdrainage behandelt werden.



*Abbildung 12: Spannungspneumothorax auf der linken Seite in Folge der ZVK-Anlage in der VJI vor Anlage der Thoraxdrainage  
Zeichen eines Spannungspneumothorax: leichte Erweiterung der Interkostalräume auf der betreffenden Seite, beginnende Mediastinalverlagerung nach kontralateral, ipsilateraler Zwerchfelltiefstand*

Bei der Mehrzahl der verwendeten Katheter handelte es sich um Multilumenkatheter mit mehreren Schenkeln. Die genaue Verteilung kann der Abbildung 13 entnommen werden.

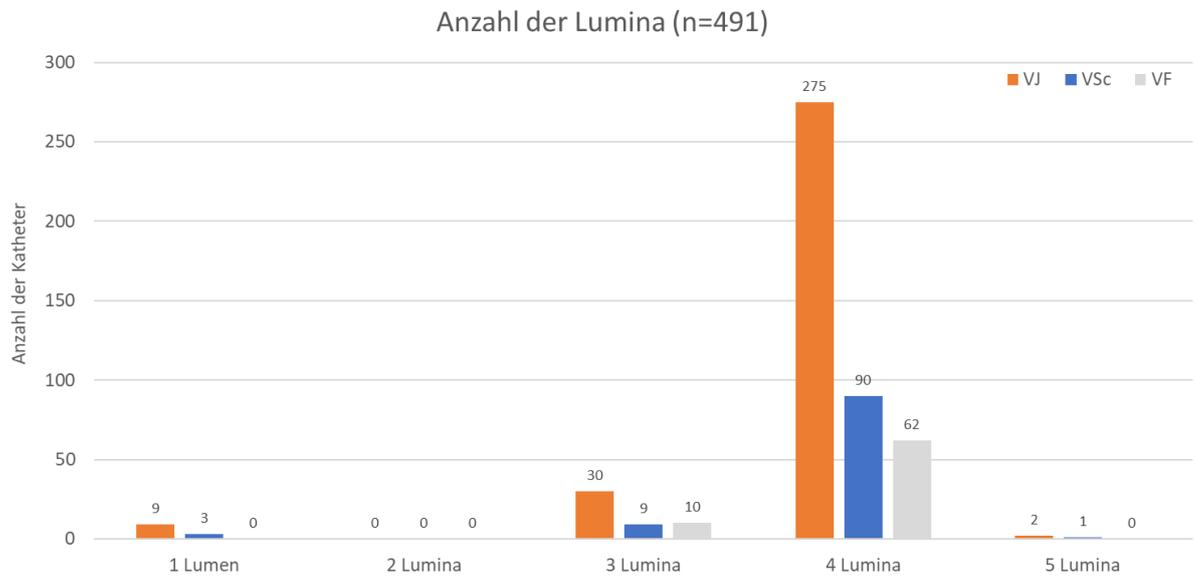


Abbildung 13: Anzahl der Lumina  
(entsprechend den Schenkeln) pro ZVK (zu 4 ZVK (3VJ, 1VF) konnten keine Angaben gemacht werden)

In insgesamt 195 Fällen wurde bei der ZVK-Anlage das Hautniveau dokumentiert, die exakten Zahlen sind Abbildung 14 und Abbildung 15 zu entnehmen. Nachträglich vermessene Daten wurden nicht aufgenommen.

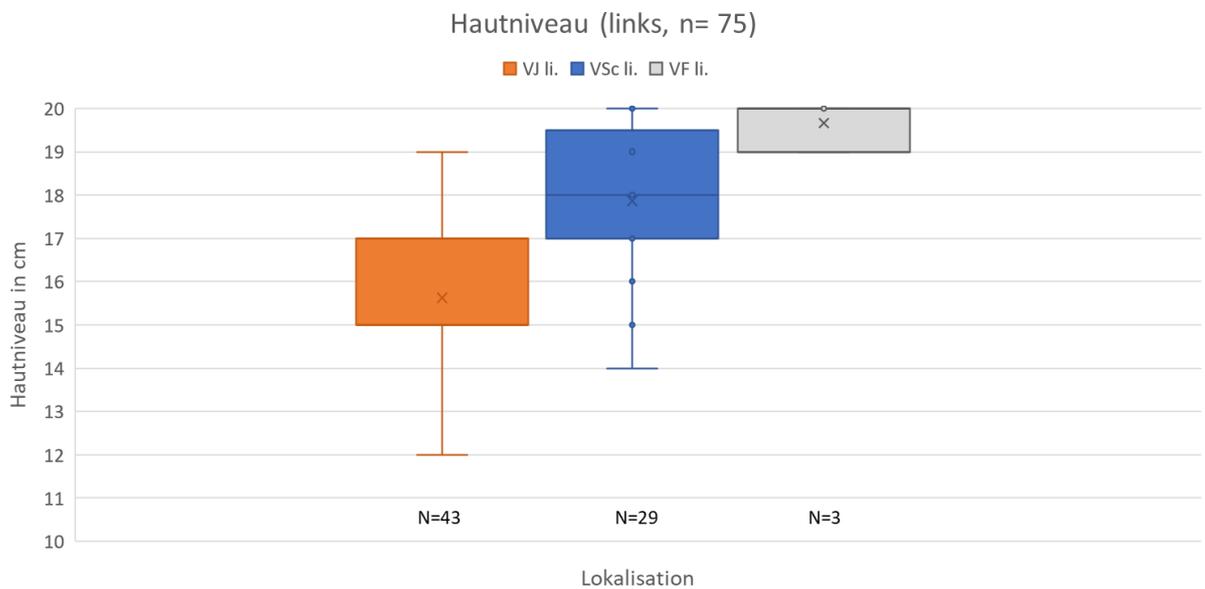


Abbildung 14: Hautniveau der ZVK auf der linken Seite

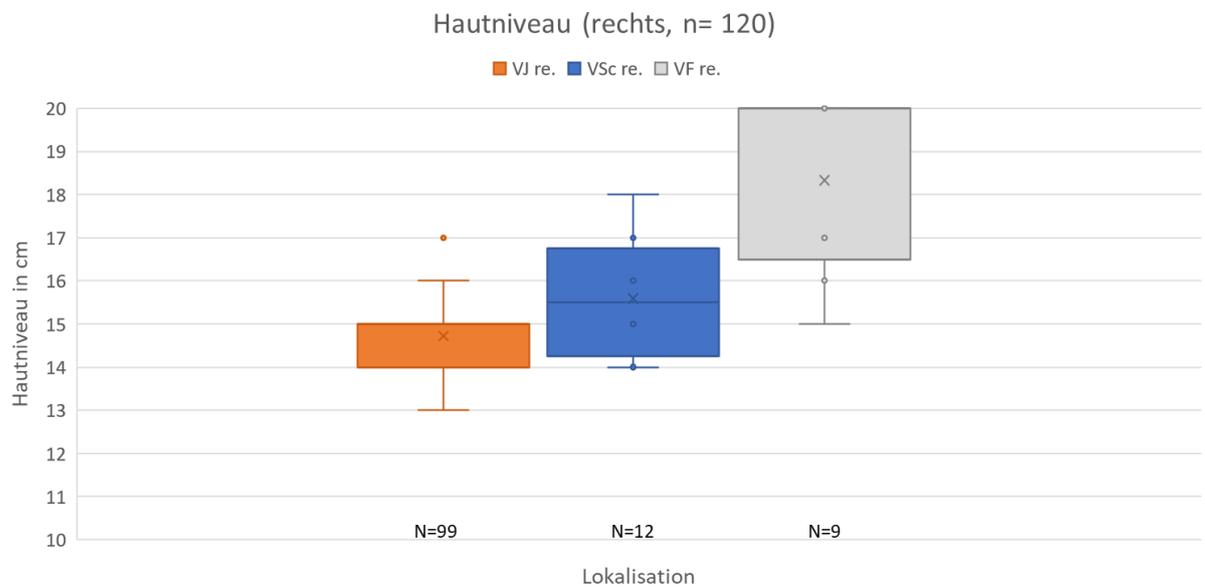


Abbildung 15: Hautniveau der ZVK auf der rechten Seite

Bei Kathetern der oberen Thoraxapertur wurde in 404 von 422 Fällen ein Röntgenbild angefertigt und eingeschlossen. Die Abweichung der Idealposition, mit Projektion der Katheterspitze auf Höhe der Carina, nach kranial oder kaudal kann der Abbildung 17 und Abbildung 16 entnommen werden.

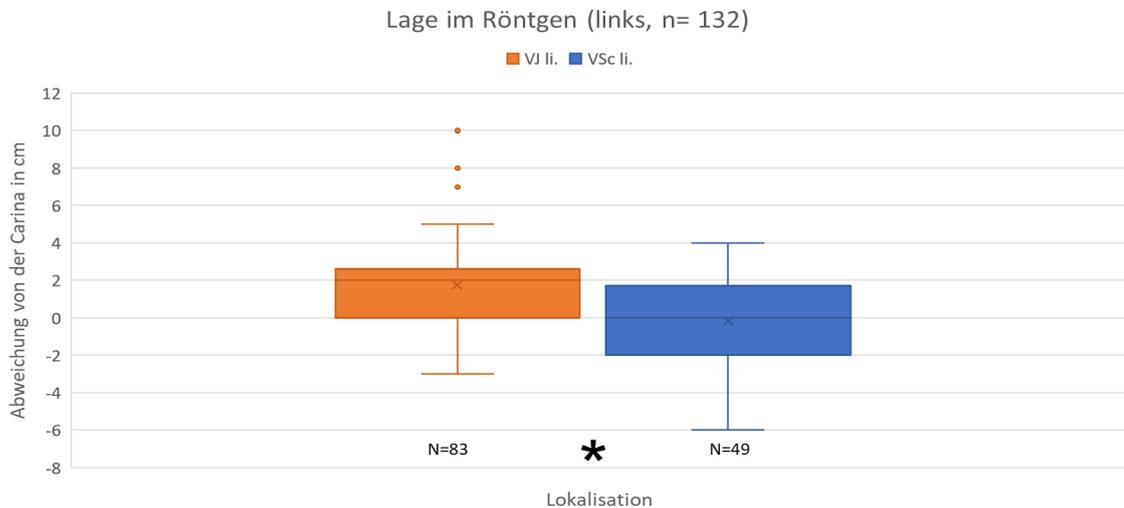


Abbildung 17: Lage des ZVK auf der linken Seite im Röntgenbild („Lage“ entspricht der Abweichung der Idealposition, mit Projektion der Katheterspitze auf Höhe der Carina, nach kranial [positiver Bereich] oder kaudal [negativer Bereich])

\* Der Unterschied der Abweichung von der Idealposition der VJ li. im Vergleich zu der VSc li. ist bei einem p-Wert von <0,001 signifikant.

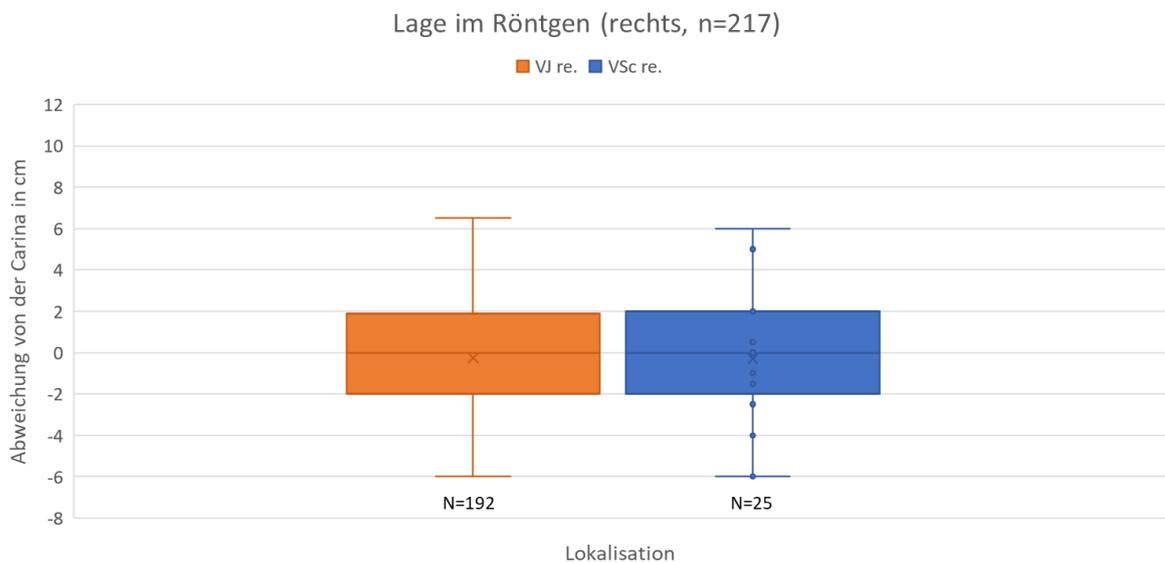


Abbildung 16: Lage des ZVK auf der rechten Seite im Röntgenbild („Lage“ entspricht der Abweichung der Idealposition, mit Projektion der Katheterspitze auf Höhe der Carina, nach kranial [positiver Bereich] oder kaudal [negativer Bereich])

Es fällt auf, dass die ZVK der VJ li. im Mittel um zwei Zentimeter nach kranial von der Idealposition abweichen. Daraus ergibt sich ein Unterschied in der Abweichung von der Idealposition der VJ li. im Vergleich zu der VJ re. (Chi<sup>2</sup>-Test, p= <0,001), sowie im Vergleich zur VSc li. (Chi<sup>2</sup>-Test, p= <0,001).

#### 4.2.2. Patientenkomfort

Im Stationsalltag, sowie während der Kathetervisite sind zum Teil Probleme des VJ-ZVK bei der Lagerung aufgefallen. Insbesondere in der seitlichen Lagerung des Patienten kommt es vor, dass der Kopf des Patienten auf dem VJ-ZVK und seinen Leitungen zum Liegen kommt. Die beste Lagerung schützt nicht vor kleinen Bewegungen des Patienten, die zu diesem Problem führen können. Anhand der folgenden Bilder wird anschaulich, dass dies zu Druckstellen des Patienten, sowie zum Abknicken des Katheters und zu Katheterdislokationen führen kann.

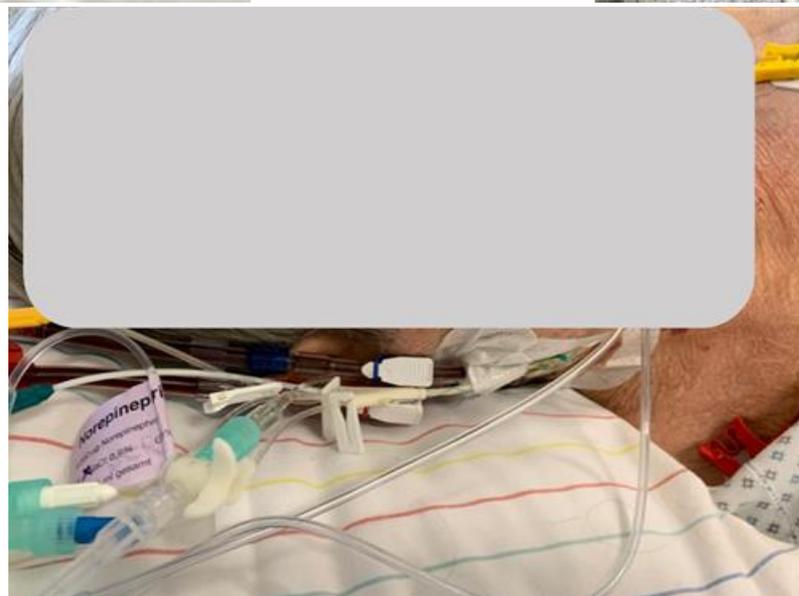


Abbildung 18: Alltägliche Situationen des VJ-ZVK

Oben links: Kopf des Patienten kommt auf dem VJ-ZVK, welcher unter Zug steht, zu liegen

Oben rechts: Kopf des Patienten ist zur Seite geneigt und liegt zum Teil auf den Verschlussclips des VJ-ZVK

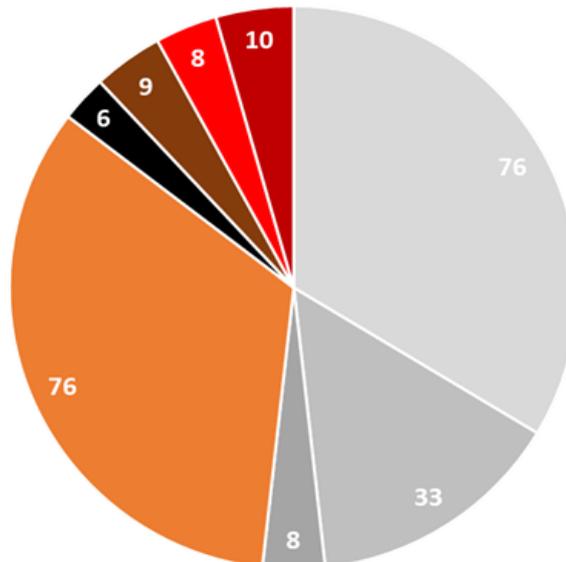
Unten: Patient in Seitenlage, Kopf kommt auf dem VJ-ZVK und Shaldon-Katheter zu liegen

### 4.2.3. Die Entfernung

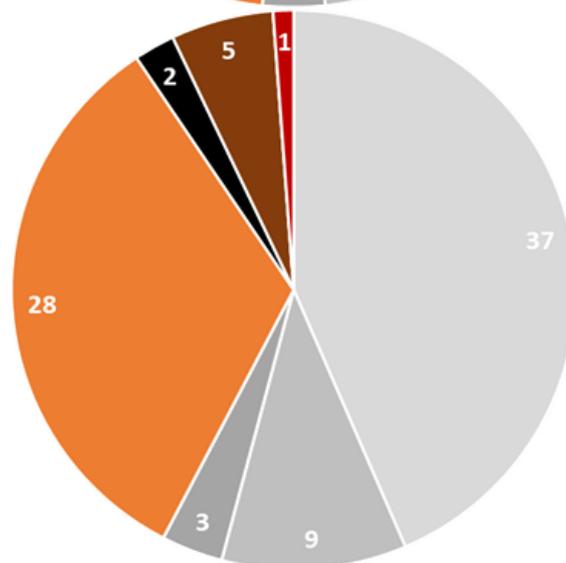
Der Grund für die Entfernung des Katheters wurde in acht verschiedene Kategorien eingeteilt. Nicht aufgeführt werden Katheter von Patienten, die mit einliegenden Kathetern in andere Krankenhäuser verlegt wurden, da diese durch die Verlegung nicht weiter beobachtet werden konnten (n= 50), sowie Katheter, bei denen keine Angaben zum Grund der Entfernung gemacht wurden. (VJ: 65/291; VSc: 7/92; VF: 14/62; n= 86). Gründe für die Entfernung von insgesamt 359 ZVKs sind in Abbildung 19 dargestellt.

Es fällt auf, dass insgesamt 8,0% der VJ-ZVK disloziert waren (18/226, teilweise 8/226 (3,5%) bzw. vollständig 10/226 (4,4%)) gegenüber lediglich 1,2% der VSc-ZVK (1/85; 1,2%, nur eine vollständige Dislokation) und 8,3% der VF-ZVK (4/48, nur vollständige Dislokationen). Demnach sind signifikant weniger VSc-ZVK disloziert als VJ-ZVK (Chi<sup>2</sup>-Test, paarweiser Vergleich, p= 0,029) und signifikant weniger als VF-ZVK (Chi<sup>2</sup>-Test, paarweiser Vergleich, p= 0,041).

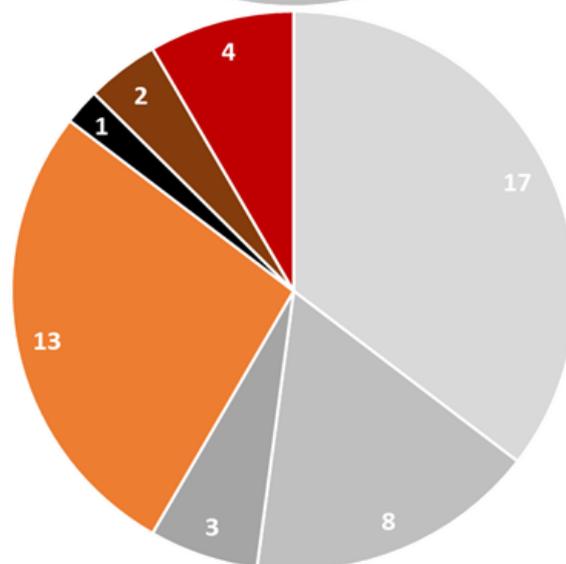
VJ (n= 226)



VSc (n= 85)



VF (n= 48)



- nicht benötigt
- verstorben
- Anlage anderer Kath. an gleicher Stelle
- V.a. Infekt
- Fehllage
- nicht aspirabel
- teilweise Dislokation
- vollst. Dislokation

Abbildung 19: Grund für die Entfernung der VJ-ZVK, VSc-ZVK und VF-ZVK, mit Angabe der absoluten Zahlen (Nicht eingeschlossen wurden ZVK mit dem Entfernungsgrund "Verlegung" [n=50] und „keine Angaben“ [n= 86])

Die Liegedauer der ZVK kann der Abbildung 20 entnommen werden. Insgesamt handelt es sich um 5631 Katheterliegetage. Insgesamt wurden mehr Katheterliegetage als Behandlungstage (n=5247) betrachtet, da die ZVK nach Verlegung von der IOI auf andere Stationen des UKS weiter beobachtet wurden.

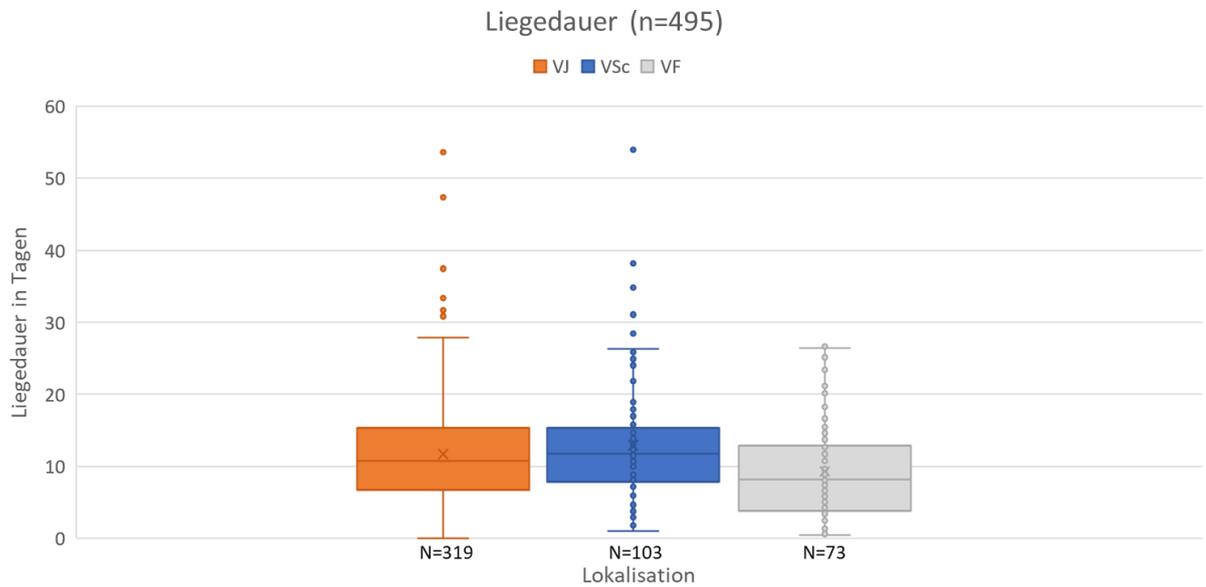


Abbildung 20: Liegedauer der ZVK in Tagen

#### 4.2.4. Die Infektbewertung

Ausschließlich bei den 117 ZVK, welche aufgrund des Verdachts auf eine Infektion entfernt wurden, wurde eine Bewertung der Infektkonstellation und der mikrobiologischen Befunde durchgeführt.

Die lokalen Entzündungszeichen an der Kathetereinstichstelle, zum Zeitpunkt der Entfernung, können Abbildung 21 entnommen werden, Abbildung 22 zeigt zwei Beispiele eitriger Einstichstellen.

Die VJ-Katheter wurden insgesamt fünfmal als eitrig entzündet und dreimal als stark gerötet beschrieben. Bei den beiden anderen Lokalisationen kam dies nicht vor. Dieser Unterschied ist im Chi<sup>2</sup>-Test signifikant (stark gerötet und eitrig zusammen, paarweiser Vergleich VJ versus VSc und VF zusammen; p= 0,03).

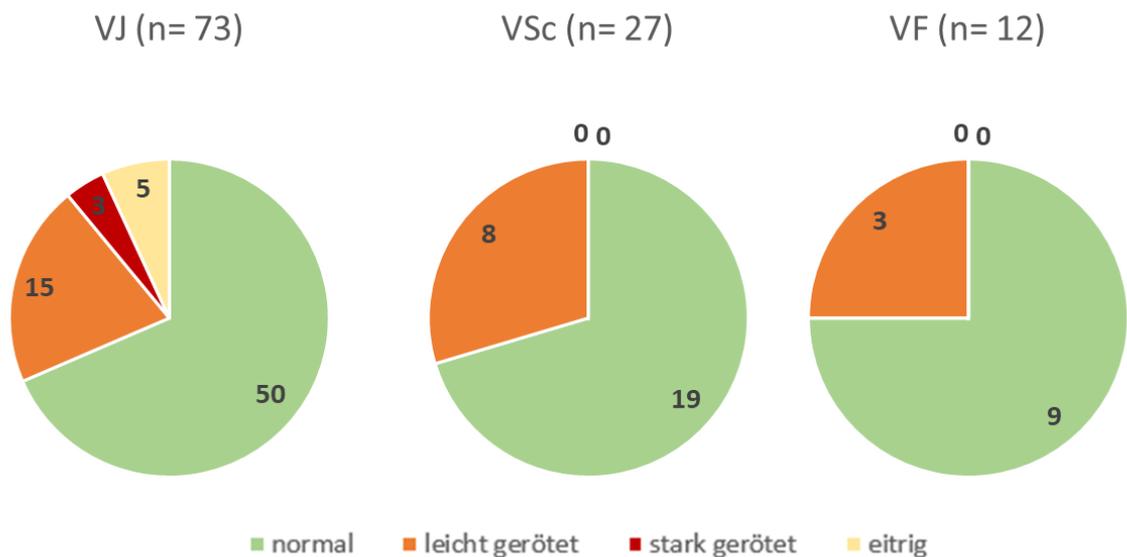


Abbildung 21: Entzündungszeichen an der Einstichstelle (keine Angabe: 3 VJ, 4 VSc, 5 VF)

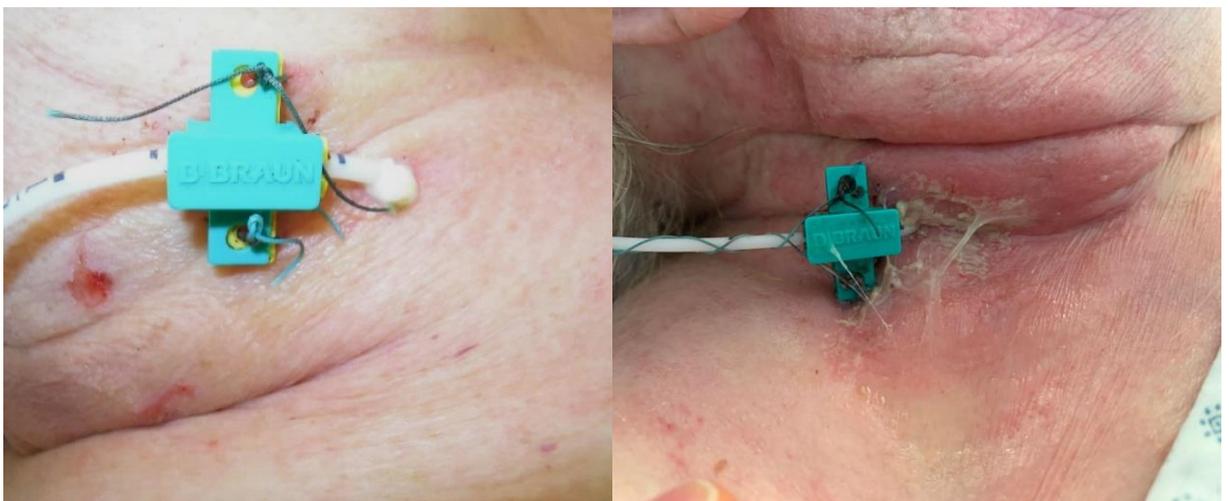


Abbildung 22: lokale eitrige Entzündungen an der VJ-ZVK Einstichstelle

Als weitere Parameter flossen die folgenden Punkte in den Infektscore mit ein:

- Infektwerte: Temperatur und Leukozyten (n= 117)
- Nachweis einer signifikanten Keimzahl an der Katheterspitze (n= 109)
- Keimnachweis in der Blutkultur
  - Blutkultur 1: Blutkulturen aus dem potenziell infizierten ZVK (n= 107)
  - Blutkultur 2: Blutkulturen aus einer neuen peripheren Punktion (n= 107)
  - ein Nachweis der differential time to positivity war in keinem Fall möglich
- anderer Infektfokus möglich (n= 113)
- Besserung der Gesamtsituation des Patienten nach Entfernung des ZVK (n= 113)

Aufgrund nicht vorhandener Daten konnten nicht für jeden ZVK, welcher mit dem Verdacht auf einen katheterassoziierten Infekt entfernt wurde, alle Parameter ermittelt werden. Die jeweilige Anzahl (n) ist der vorausgegangenen Auflistung zu entnehmen. Die entsprechenden Daten können Tabelle 6 entnommen werden.

*Tabelle 6: Infektbewertung*

*(Umfasst neben den Infektwerten Temperatur, Leukozytose und Abfall der Leukozyten, den Keimnachweis an der ZVK-Spitze, die Anzahl der Blutkulturen [BK1=zentral gewonnen, BK2=peripher gewonnen] mit Keimnachweis, die Möglichkeit eines anderen Infektfokus, sowie die Besserung des Gesamtzustandes des Patienten nach ZVK-Entfernung) Der Prozentsatz bezieht sich auf die mit Verdacht auf Infekt entfernten ZVK der jeweiligen Lokalisation. Das Ergebnis des jeweiligen Chi<sup>2</sup>-Tests kann der Spalte „Signifikanz“ entnommen werden (ns= nicht signifikant). Die jeweilige Gesamtanzahl der Parameter [n] kann der obigen Auflistung entnommen werden.*

	VJ	VSc	VF	Signifikanz
<b>Temperatur &gt;38,5°C</b>	40 [52,6%]	16 [57,1%]	6 [46,2%]	ns
<b>Leukozytose</b>	33 [43,4%]	14 [50%]	5 [38,5%]	ns
<b>Abfall der Leukozyten</b>	35 [46,1%]	12 [42,9%]	7 [53,9%]	ns
<b>Keimnachweis (Spitze)</b>	24 [31,6%]	4 [14,3%]	5 [38,5%]	ns
<b>Keimnachweis BK 1</b>	11 [14,5%]	8 [28,6%]	6 [46,2%]	p= 0,021
<b>Keimnachweis BK 2</b>	13 [17,8%]	12 [42,9%]	6 [46,2%]	p= 0,007
<b>Andere Infektfokus möglich</b>	70 [95,9%]	27 [96,4%]	12 [92,3%]	ns
<b>Besserung nach ZVK-Entfernung</b>	16 [21,9%]	5 [16,9%]	3 [23,1%]	ns

Diese Parameter ergaben die in Abbildung 23 zu entnehmende Verteilung des Infektscores. Eine vollständige Auflistung aller einfließenden Parameter ist dem Kapitel 3.5.2 zu entnehmen.

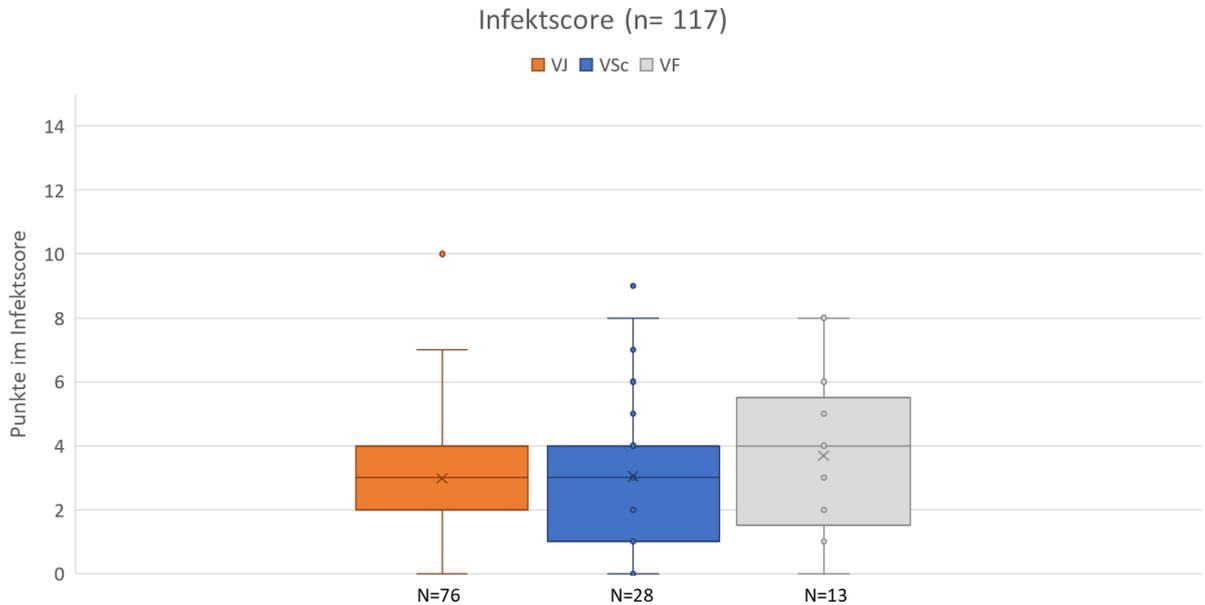
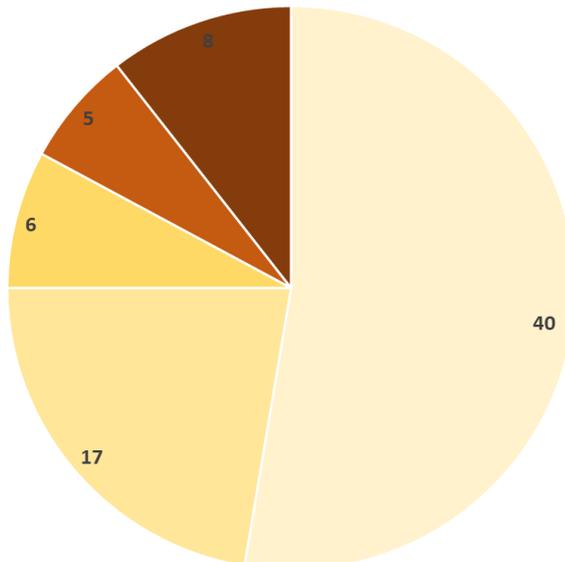


Abbildung 23: Infektscore der VJ-, VSc- und VF-ZVK (enthält alle in Kapitel 3.5.2 aufgeführten Parameter mit der dort aufgeführten Punktzahl)

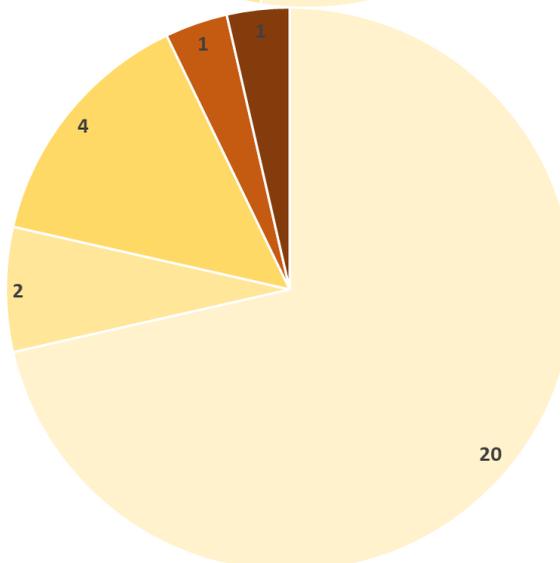
In der bezüglich der ZVK-Lokalisation verblindeten Infektbewertung durch einen unabhängigen Untersucher anhand zuvor in einer Tabelle zusammengefasster klinischer Parameter (siehe Kapitel 3.5.2) wurden 31% der VF-, 17% der VJ- und nur 7% der VSc-ZVKs als sicher oder wahrscheinlich infiziert klassifiziert.

Als sicher klassifizierte ZVK-Infekte traten damit bei VF-ZVKs signifikant häufiger auf als bei den anderen Lokalisationen (Chi<sup>2</sup>-Test, VF versus (VJ; VSc),  $p = <0,05$ ).

VJ (n= 76)



VSc (n= 28)



VF (n= 13)

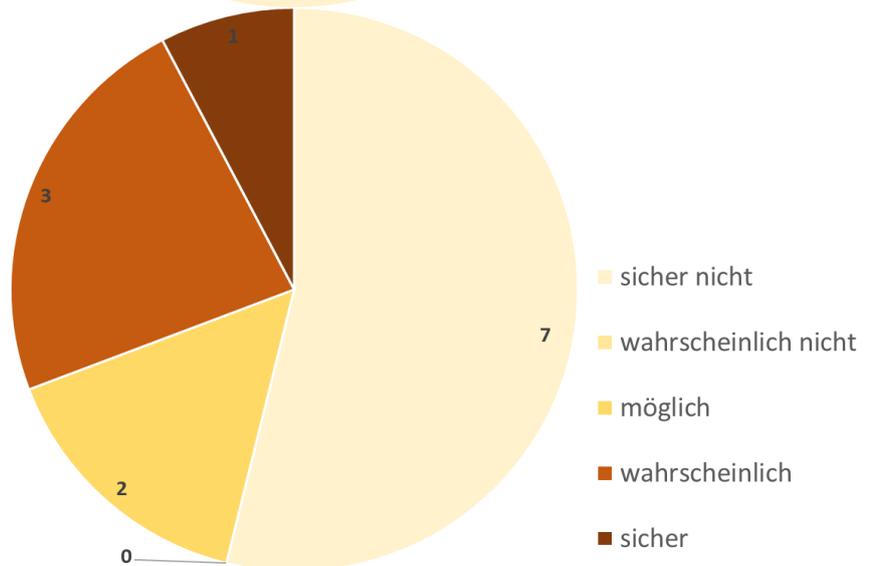


Abbildung 24: Infektbewertungen  
(Jeder ZVK, der aufgrund des Verdachts auf eine Katheter-assoziierte Infektion entfernt wurde, erhielt eine bezüglich der ZVK-Lokalisation verblindete Infektbewertung durch einen unabhängigen Untersucher anhand zuvor in einer Tabelle zusammengefasster klinischer Parameter)

### 4.3. Pflegebefragung: Handling zentralvenöser Katheter

20 Pflegekräfte der IOI haben den Fragebogen (siehe Anhang: Pflegebefragungsbogen) im Anschluss an die Datenerhebung ausgefüllt.

Die Daten über die teilnehmenden Pflegekräfte können Tabelle 7 entnommen werden.

*Tabelle 7: Pflegebefragung: Handling zentralvenöser Katheter  
Angaben als Anzahl bzw. Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung*

<b>Parameter</b>	<b>Häufigkeit</b>
<b>Weiblich</b>	14
<b>Männlich</b>	6
<b>Berufserfahrung [Jahre]</b>	
<b>in der Pflege</b>	23,3 $\pm$ 13,3
<b>in der Intensivpflege</b>	19,2 $\pm$ 12,5
<b>in der Anästhesiepflege</b>	1,9 $\pm$ 6,2

Die durchschnittliche Bewertung der Fragen zum Handling der ZVK kann Abbildung 25 entnommen werden.

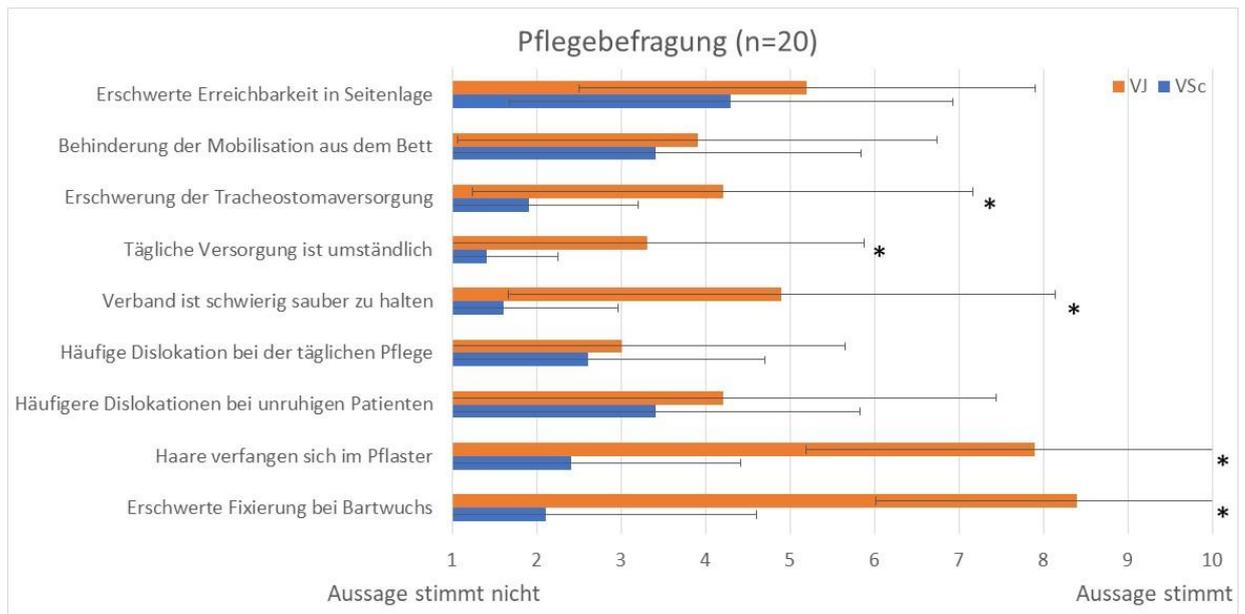


Abbildung 25: Pflegebefragung: Handling zentralvenöser Katheter  
 (1= Aussage stimmt nicht, 10= Aussage stimmt), n=20; angegeben sind die Mittelwerte der vergebenen Punkte (Balken), sowie die Standardabweichungen (Linien)  
 Ein signifikanter Unterschied besteht zwischen den Mittelwerten bei den mit \* markierte Aussagen

Die genauen Aussagen, Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichungen und signifikanten p-Werte können der folgenden Auflistung entnommen werden (VJ vs. VSc):

- Der Katheter ist schwer zu erreichen, wenn der Patient/die Patientin auf die Seite gelagert ist (5,2  $\pm$  2,7 vs. 4,3  $\pm$  2,6)
- Der Katheter stört bei der Mobilisation des Patienten/der Patientin aus dem Bett (3,9  $\pm$  2,8 vs. 3,4  $\pm$  2,4)
- Der Katheter erschwert die Versorgung eines Tracheostoma (4,2  $\pm$  3,0 vs. 1,9  $\pm$  1,3; p=0,002)
- Die tägliche Versorgung des Katheters ist umständlich (3,3  $\pm$  2,6 vs. 1,8  $\pm$  0,8; p=0,002)
- Der Verband über dem Katheter ist schwieriger sauber zu halten (4,9  $\pm$  3,2 vs. 1,6  $\pm$  1,4; p= <0,001)
- Bei der täglichen Pflege/ Mobilisation disloziert der Katheter häufiger (3,0  $\pm$  2,6 vs. 2,6  $\pm$  2,1)
- Bei unruhigen Patient\*innen disloziert der Katheter häufiger (4,2  $\pm$  3,2 vs. 3,4  $\pm$  2,4)
- Die Haare der Patient\*innen verfangen sich im Pflaster des Katheters (7,9  $\pm$  2,7 vs. 2,4  $\pm$  2,0; p= <0,001)
- Bei Bartwuchs ist es schwierig, den Katheter zu fixieren (8,4  $\pm$  2,4 vs. 2,0  $\pm$  2,5; p= <0,001)

Die Pflegefachkräfte entschieden sich signifikant häufiger für den VSc-ZVK als für den VJ-ZVK (Chi<sup>2</sup>-Test; p= <0,001). Die genauen Zahlen können Abbildung 26 entnommen werden.

Wahl VJ vs. VSc (n=20)

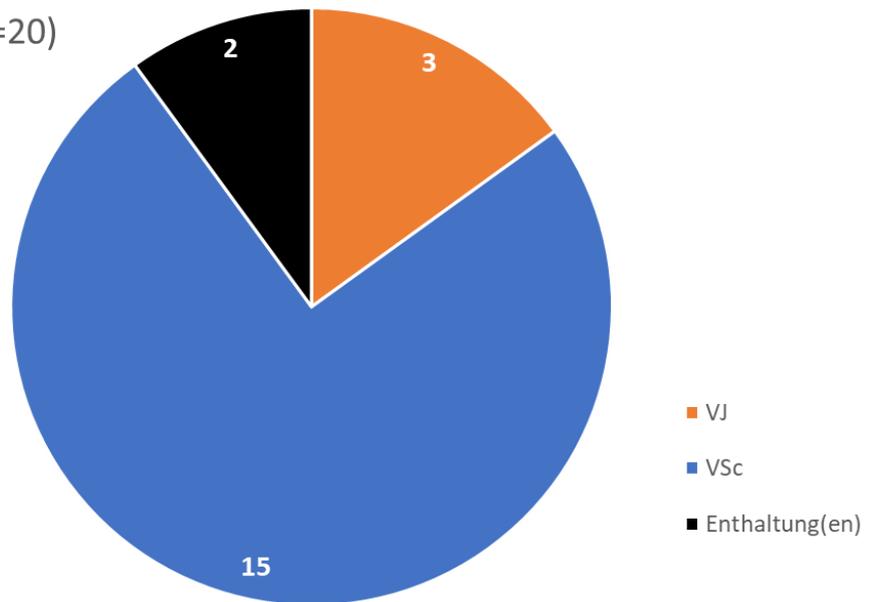


Abbildung 26: Wahl VJ versus VSc, subjektive Bewertung der Pflegekräfte

## 5. Diskussion

In dem einjährigen prospektiven Qualitätssicherungsprojekt wurden alle ZVK von Patienten, welche mindestens 7 Tage auf der IOI behandelt wurden, sowie alle ZVK, die auf der IOI angelegt wurden, evaluiert. 495 Katheter von 320 Patienten erfüllten die Einschlusskriterien der Studie und konnten mit wenigen Ausnahmen bis zu der Katheterentfernung nachverfolgt werden, auch nachdem die Patienten von der Intensivstation verlegt worden waren. Insgesamt wurden 5631 Katheterliegetage erfasst. 319 VJ-, 103 VSc- und 73 VF-ZVK konnten ausgewertet und verglichen werden.

Durch eine Personalschulungsmaßnahme, im Rahmen des MISP-Projekts, konnte die Häufigkeit der VSc-ZVK-Anlagen signifikant gesteigert werden. Nach der Beobachtungswoche 44 wurden 50% der Katheter in die VSc eingebracht. Die Anlage der VSc-ZVK erfolgte signifikant häufiger auf der IOI als im OP, 85% der VSc-ZVK wurden auf der IOI gelegt, 8% im OP. Für Katheterwechsel wurde die Lokalisation der VSc häufiger als die VJ oder VF gewählt (Art der Anlage – Wechsel (andere Lokalisation); n=191, Anteil an den ZVK der jeweiligen Lokalisation: VSc: 67%, VJ: 53%, VF 11%).

Bei der Begutachtung der Röntgenbilder konnte beobachtet werden, dass VJ-ZVK der linken Seite häufig nicht tief genug eingelegt worden waren und sich im Mittel 2 cm oberhalb der Carina darstellten. Die VSc-ZVK auf beiden Seiten und die VJ-ZVK der rechten Seite projizierten sich im Mittel mit der Spitze in Höhe der Trachealbifurkation.

Die einzige schwerwiegende und interventionsbedürftige Komplikation, ein Pneumothorax, trat bei der Anlage eines VJ-ZVK (n= 242) auf. Bei der Anlage der VSc-ZVK kam es in drei Fällen zu arteriellen Punktionen, die jedoch ohne klinische Relevanz blieben (n= 89). Bei der Anlage von ZVK in der VF wurden keine Komplikationen beschrieben.

Die meisten ZVK wurden entfernt, da sie nicht mehr benötigt wurden oder der Patient verstorben war. Zu einer im klinischen Alltag gefürchteten Dislokation des ZVK, kam es bei den ZVK der VSc signifikant seltener als bei den ZVK der VJ oder VF (VSc: n= 1, 1%; VJ: n= 18, 8%; VF: n= 4, 8%).

Die mittlere Liegedauer der ZVK lag bei 11,6 Tagen, ein signifikanter Unterschied zwischen den Lokalisationen wurde nicht beobachtet.

Auch bei der hygienischen Evaluation schnitten die VSc-ZVK besser ab: die Kathetereinstichstelle der VJ-ZVK wurde in 5 Fällen als eitrig (7%) und in 3 Fällen als stark gerötet beschrieben (4%). Beides kam bei den VSc- und VF-ZVK nicht vor. Etwa ein Drittel der gesamten Katheter wurde bei Verdacht auf einen Katheter-assoziierten Infekt aufgrund steigender Infektparameter des Patienten entfernt. Anhand der mikrobiologischen Befunde und des Infektwerteverlaufs, wurde bei diesen Kathetern eine Infektbewertung durch einen

verblindeten Beobachter vorgenommen. Dabei wurden Katheter-assoziierte Infektionen bei den VF-ZVK mit 31% signifikant häufiger als wahrscheinlich bewertet als bei den VJ-ZVK mit 17% und den VSc-ZVK mit 7%.

20 Pflegefachkräfte, die zum Handling zentralvenöser Katheter befragt wurden, fanden den VSc-ZVK einfacher und hygienischer zu versorgen. 15 von ihnen würden daher den VSc-ZVK gegenüber dem VJ-ZVK bevorzugen (n= 20; VSc: 15, VJ: 3, 2 Enthaltungen).

In einer Metaanalyse von Hind et al. wurden 18 Studien verglichen, welche die Landmarkentechnik mit der Ultraschall-gesteuerten Anlage zentralvenöser Katheter in verschiedenen Lokalisationen verglichen (n=1646). Dabei konnte eine höhere Erfolgsrate, bei gleichzeitig schnellerer Punktion und weniger Komplikationen in den Ultraschall-gesteuerten Gruppen erfasst werden. Die Autoren begründen dies damit, dass die Nadelführung unter Ultraschall-Sicht eine gezieltere und damit sicherere Venenpunktion ermöglicht. Sie sprechen sich in allen Lokalisationen für eine Ultraschall-gesteuerte Punktion aus. (Hind et al., 2003)

Soni et al. führten eine Studie zu Häufigkeit und Problemen der Ultraschall-gesteuerten ZVK-Anlage in den USA durch. Dazu steuerten 886 Intensiv- und Notfallmediziner über einen Zeitraum von 3 Monaten online Daten zu ihren ZVK-Anlagen bei. Die Ärzte wurden anhand ihrer Aussagen, wie häufig sie Ultraschall zur ZVK-Anlage nutzen in „Users“ (Angabe Ultraschall monatlich, wöchentlich oder täglich zu nutzen, 83%) und „Nonusers“ (Angabe Ultraschall nie oder nur vereinzelt im Jahr zu nutzen, 17%) eingeteilt. Die Anlage von VJ-ZVK wurden signifikant häufiger von „Users“ als von „Nonusers“ angegeben (80% vs. 20%;  $p < 0,001$ ). Die Anlage von VSc-ZVK wurden signifikant häufiger von „Nonusers“ als von „Users“ angegeben (69% vs. 31%;  $p < 0,001$ ). 31% der „Users“ gaben an, in Bezug auf die VSc-ZVK-Anlage in der Technik der in-plane Punktion unsicher zu sein. (Soni et al., 2016) Bei etwa einem Drittel der Ärzte, die Ultraschall nutzen, sich jedoch unsicher in der VSc-ZVK-Anlage fühlen, könnte dies ein möglicher Grund für die niedrigen VSc-ZVK-Raten von 31% bei den „Users“ in der Studie von Soni et al. sein.

Dabei zeigen andere Studien deutlich, dass die VSc-ZVK-Anlage unter Ultraschall-Kontrolle zu weniger Komplikationen führt als die Punktion in Landmarkentechnik.

Bereits 1995 führten Gualtieri et al. eine prospektive, randomisierte Studie zum Vergleich der VSc-ZVK-Anlagetechniken (Landmarkentechnik vs. Ultraschall-gesteuerte Anlage) durch weniger erfahrene Ärzte durch. An 33 Intensivpatienten wurden 52 Punktionen dokumentiert und ausgewertet (Ultraschall: n= 25; Landmarkentechnik: n= 27). Die Punktion der VSc durch weniger erfahrene Ärzte unter der Anwendung von Ultraschall verlief dabei signifikant häufiger erfolgreich, verglichen mit den Punktionen in Landmarkentechnik (Ultraschall: 92% vs. Landmarkentechnik: 44%). Bei 15 nicht erfolgreichen Punktionen mittels Landmarkentechnik

wurde eine Ultraschall-gesteuerte Punktion angeschlossen. Dadurch konnten die Punktionen in 80% der 15 Fälle erfolgreich durchgeführt werden. In Bezug auf die Komplikationen bei der Anlage (Landmarkentechnik: 11 vs. Ultraschall: 1) und die durchschnittlichen Punktionsversuche (Landmarkentechnik: 2,5 Punktionen pro Anlage vs. Ultraschall: 1,4 Punktionen pro Anlage) schnitten die Ultraschall-gesteuerten Anlagen ebenfalls signifikant besser ab (Gualtieri et al., 1995).

Lalu et al. untersuchten in ihrer Metaanalyse 10 randomisierte Studien, die die VSc-ZVK-Anlage mit Ultraschall mit der Anlage in Landmarkentechnik verglichen. Eine der untersuchten Studien verglich den Pre-Scan, mit anschließender Punktion ohne Ultraschall mit der Landmarkentechnik ohne vorherigen Pre-Scan (n= 821). Drei ältere Studien nutzten einen eindimensionalen Doppler ohne zweidimensionale Bildgebung für die Punktion und verglichen diese mit der Punktion in Landmarkentechnik (n= 628). In diesen beiden Subgruppen wurden keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf den Punktionserfolg oder Komplikationen gefunden. In sechs Studien wurde die Ultraschall-gesteuerte Punktion mit der Landmarkentechnik verglichen (n=719). In drei dieser sechs Studien erfolgte die Punktion in der „in plane“-Technik, in zwei der sechs Studien in der „out of plane“-Technik, in einer Studie wurde keine Angabe über die genaue Technik getroffen. In der Subgruppe der Ultraschall-gesteuerten Studien mit zweidimensionaler Bildgebung, gab es signifikant weniger fehlgeschlagene ZVK-Anlagen, sowie signifikant weniger Komplikationen, wie arterielle Punktionen, Pneumothoraces und Hämatome. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Studien mit der „in plane“- und der „out of plane“-Technik bestand nicht. Die Reduktion der Komplikationen in der Ultraschall-gesteuerten-Gruppe führen die Autoren auf die Punktion unter Sicht zurück. Ungewollte Punktionen umliegender Strukturen könnten somit verhindert werden, sodass die Autoren die Ultraschall-gesteuerte Punktion für die VSc im klinischen Alltag empfehlen. (Lalu et al., 2015)

Ultraschall-gesteuerte Punktionen sollten demnach, sofern verfügbar, den Standard für die Anlage zentralvenöser Katheter darstellen. Doch nicht für jede Lokalisation ist der in den meisten Fällen genutzte Linearschallkopf ideal (vergleiche Abbildung 1).

Eine von Lanspa et al. veröffentlichte Fallserie befasste sich mit der Ultraschall-gesteuerten VSc-Punktion mittels Mikrokonvexschallkopf. Von 24 Patienten fiel ein Patient bei kollaptischer VSc aufgrund unzureichender Füllung der Vene unter der Punktion aus der Studie heraus. Die anderen 23 Punktionen verliefen erfolgreich, komplikationslos und ohne nachfolgenden Katheter-assoziierten Infekt (Lanspa et al., 2014).

In unserer Observationsstudie konnten wir keine interventionsbedürftigen Komplikationen bei der Punktion der VSc, die nahezu immer Ultraschall-gesteuert in-plane mit der Mikrokonvex-

Sonde erfolgte, beobachten. Lediglich bei einer VJ-ZVK-Anlage kam es zu einem Pneumothorax (interventionsbedürftige Komplikationen bei Anlage aller VJ- und VSc-ZVK: VJ: 1/242; VSc: 0/89; interventionsbedürftige Komplikationen bei Ultraschall-gesteuerter ZVK-Anlage: VJ: 1/193; VSc: 0/71).

Da die Mikrokonvex-Sonde vor Durchführung des MISP-Projekts am UKS kaum für die VSc-ZVK-Anlage genutzt wurde, wurden Personalschulungen angeboten.

Davis et al. beschäftigten sich in einer simulationsbasierten prospektiven Studie mit den Vorteilen eines Trainingsprogramms zur Ultraschall-gesteuerten VSc-Punktion. 106 Studienteilnehmer wurden eingeschlossen, 70 von ihnen absolvierten das Trainingsprogramm, bestehend aus einem didaktischen Modul, einer praktischen Anleitung, Übungen an einem Simulator und an einem Patienten, vollständig. Ihr Wissen wurde vor und nach dem Trainingsprogramm getestet. Die Teilnehmer konnten ihr Wissen dadurch in den Themen Katheter-assoziierte Infektionen und Thrombosen, absolute Kontraindikationen, sowie bei der Zuordnung von Aussagen zur VSc-Punktion, signifikant verbessern. (Davis et al., 2021)

Insbesondere unsere Personalschulung seit April 2021, welche der Studie von Davis et al. in vielen Punkten ähnlich ist, wird einen Einfluss auf die Sicherheit der Punktionen mittels MISP-Technik gehabt haben. So konnten wir einen signifikanten Anstieg von VSc-ZVK-Anlagen ab der Beobachtungswoche 44 verzeichnen (vergleiche Abbildung 8), ohne dass es zu einem Anstieg der Komplikationen bei Anlage der VSc-ZVK kam. Aufgrund unserer Daten kann die Hypothese aufgestellt werden, dass ungeübte Ärzte, grade bei der Erstanlage eines ZVK bei einem Patienten, die Lokalisation der VJ bevorzugen und erst bei den folgenden ZVK-Anlagen des jeweiligen Patienten die VSc wählen (Erstanlage: VJ: 71%, VSc: 11%, VF 18%; Wechsel: VJ: 53%, VSc: 67%, VF 11%). Ursächlich dafür könnte die Sicherheit vieler Assistenzärzte bei der VJ-Punktion sein, auf die in Notfallsituationen gerne zurückgegriffen wird. Die VJ-ZVK-Anlage wird erfahrungsgemäß an den meisten Häusern als Erstes vermittelt und wurde somit von den Assistenzärzten vor dem Zeitpunkt ihres Einsatzes auf der Intensivstation bereits häufiger angewendet. Die Empfehlung der KRINKO (Simon et al. 2017, siehe unten) VJ-ZVK bei tracheotomierten Patienten zu vermeiden, könnte die Wahl des VSc-ZVK bei einem ZVK-Wechsel in eine andere Position positiv beeinflussen.

Imataki et al. führten eine dreijährige Beobachtungsstudie mit 395 ZVK durch. Die Studie unterteilt sich in eine frühe Phase ohne die Anwendung von Ultraschall von eineinhalb Jahren (n= 235; VJ: 22,8%; VSc: 44,7%; VF: 31,1%; Sonstige: 0,4%) und eine späte Phase nach der Einführung Ultraschall-gesteuerter ZVK-Anlagen von eineinhalb Jahren (n=160; VJ: 32,3%; VSc: 19,9%; VF: 33,8%; Sonstige: 13,2%). Der Fokus der Studie lag auf dem Unterschied

Katheter-assoziiertes Infektionen. Zwischen der frühen und der späten Phase konnte kein signifikanter Unterschied in Bezug auf die Katheter-assoziierten Infektionen oder das Keimspektrum der Infekte gefunden werden. Die Lokalisation der ZVK-Anlage verschob sich mit Einführung des Ultraschalls signifikant von der VSc zur VJ. Ebenfalls dokumentiert wurden Komplikationen bei der ZVK-Anlage. Dabei konnte, mit der Einführung der Ultraschall-gesteuerten ZVK-Anlagen, ein vollständiger Rückgang der Komplikationen bei ZVK-Anlage verzeichnet werden. Bei den Komplikationen vor Einführung des Ultraschalls handelte es sich in 10 Fällen um einen Pneumothorax, sowie in einem Fall um ein Hämatom mit aktiver Blutung. Die Lokalisationen, in welchen es zu den Komplikationen kam, wurden nicht aufgeführt. (Imataki et al., 2019) Der vollständige Rückgang der Komplikationen durch die Einführung von Ultraschall zur ZVK-Anlage, zeigt den positiven Einfluss dieser Methode für die Patienten. Auch in unserem Beobachtungszeitraum war die Komplikationsrate mit einem Pneumothorax (VJ) und drei arteriellen Punktionen (VSc) bei insgesamt 495 ZVK gering. Die überwiegende Anzahl der Punktionen wurde als Ultraschall-gesteuert dokumentiert (Ultraschall-gesteuerte ZVK-Anlagen: VJ: 98,5%; VSc: 91,0%; VF: 94,4%).

Kusminski et al. beschäftigten sich in ihrem Review mit der Prävention von Katheter-assoziierten Komplikationen. Die arterielle Punktion wird dabei als häufigste Komplikation bei der ZVK-Anlage genannt, gefolgt vom Pneumothorax. Die prozentuale Verteilung der Komplikationen aus sechs Studien ergibt dabei ähnliche Häufigkeiten für die Lokalisationen VJ und VSc (VJ: 6,3-11,8%; VSc: 6,2-10,7%; VF: 12,8-19,4%). Den VSc-ZVK wurde dabei das höchste Pneumothoraxrisiko zugeschrieben (VJ: <0,1-0,2%; VSc: 1,5-3,1%). Die arteriellen Punktionen wurden bei VF- und VJ-ZVK häufiger beobachtet (VJ: 6,3-9,4%; VSc: 3,1-4,9%; VF: 9,0-15,0%). (Kusminsky, 2007) Im Gegensatz dazu konnte in unserer Studie die arterielle Punktion häufiger bei VSc-ZVK-Anlagen beobachtet werden als bei VJ-ZVK-Anlagen (VJ: 0% vs. VSc: 2,9%). Bei über 90% Ultraschall-gesteuerten VSc-ZVK Anlagen in unserer Studie liegt die Vermutung nahe, dass die Gefäßpunktion unter Sicht schwerwiegende Komplikationen wie den Pneumothorax verhindern kann.

Schulz et al. führten eine randomisierte Studie mit 1021 Patienten durch. Der Schwerpunkt der Studie lag dabei auf dem Zusammenhang zwischen der Erfahrung des Arztes in der VSc-ZVK-Anlage in Landmarkentechnik und seinem Anlageerfolg. Die teilnehmenden Ärzte wurden anhand ihrer Erfahrungen in der VSc-ZVK-Anlage in Landmarkentechnik in drei Gruppen eingeteilt: unter 20 Punktionen, zwischen 21 und 50 Punktionen und über 50 Punktionen. Erfahrene Ärzte mit über 50 Punktionen waren signifikant häufiger erfolgreich (292/307; 95%) als unerfahrene Ärzte mit unter 20 Punktionen (357/400; 89%). Des Weiteren verursachten erfahrene Ärzte mit über 50 Punktionen signifikant weniger Komplikationen (26/307; 9%) als unerfahrene Ärzte mit unter 20 Punktionen (60/400; 15%). Insgesamt kam es bei 14

Punktionen zu einem Pneumothorax (1,4%). Dabei gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen, die meisten Pneumothoraces wurden von mäßig erfahrenen Ärzten mit 21-50 Punktionen verursacht (8/314; 2,5%), gefolgt von unerfahrenen Ärzten mit unter 20 Punktionen (5/400; 1,3%) und erfahrenen Ärzten mit über 50 Punktionen (1/307; 0,3%). (Schulz et al., 2020) In unseren Daten konnten wir geringere Pneumothorax-Raten als bei der Studie von Schulz et al. beobachten. Die Rate für einen Pneumothorax liegt bei unseren Daten < 1% für VJ-ZVK. Bei den VSc-ZVK-Anlagen kam es zu keinem Pneumothorax. Dies kann auf die hohe Ultraschall-Anwendungsrate in unserem Beobachtungszeitraum zurückzuführen sein, wohingegen in der Studie von Schulz et al. ausschließlich die Landmarkentechnik zur VSc-ZVK-Anlage genutzt wurde. Wie bereits in vorausgegangenen Abschnitten der Diskussion aufgeführt, birgt diese Art der ZVK-Anlage aufgrund eines regelrechten „Blindfluges“ im Gewebe des Patienten erhebliche Risiken und sollte in den heutigen Zeiten der umfassenden Verfügbarkeit von Ultraschallgeräten vermieden werden.

Um Komplikationen nach der ZVK-Anlage frühzeitig zu detektieren, können verschiedene diagnostische Maßnahmen, wie beispielsweise das Röntgen, genutzt werden.

Die Projektion der Katheterspitze auf die Carina im Röntgenbild gewährleistet eine zentrale Lage in der V. cava superior, welche gleichzeitig oberhalb des Vorhofs liegt. In dieser Position liegt der ZVK zentral, gleichzeitig wird das Risiko für Rhythmusstörungen oder mechanische Komplikationen möglichst geringgehalten.

Schuster et al. untersuchten dies mit einer klinischen Studie an 34 Leichen, in welchen sie den Abstand der Vena cava superior und der Carina bestimmten und prüften, ob die Carina als radiologische Landmarke genutzt werden kann. Die Carina lag bei allen Leichen kranial der Einmündung der Vena cava superior in den rechten Vorhof und konnte in allen 34 Fällen radiologisch mittels Röntgen dargestellt werden. Die Autoren weisen außerdem auf die unterschiedliche Beschaffenheit der rechten und linken Wand der Vena cava hin: da die rechte Wand dünner als die linke ist, können ZVK, die von links eingeführt werden und die nicht tief genug einliegen, die rechte Wand leichter beschädigen und dadurch zu Komplikationen führen (Schuster et al., 2000).

Aufgrund des anatomischen Verlaufs der linken VJ bis in die Vena cava superior, ist in der Theorie davon auszugehen, dass sich das in unserer Studie dokumentierte Hautniveau der rechten und linken Seite unterscheiden müsste. Jedoch wick das Hautniveau im Mittel auf beiden Seiten nur minimal von 15cm ab (li.: 15,6 cm; re.: 14,7 cm). In Anbetracht der Abweichung der Spitzen linksseitig eingelegter VJ-ZVK von der Idealposition im Röntgenbild kann davon ausgegangen werden, dass ein Hautniveau von 15 cm auf der linken Seite nicht ausreicht und der ZVK tiefer einliegen müsste, um das Risiko für mechanische Komplikationen

zu verringern. Durch die Verwendung einer Vorhof-EKG-Ableitung kann die korrekte Einlagetiefe für jeden Patienten individuell ermittelt werden. Die VSc-ZVK wurden im Durchschnitt korrekt bis auf die Höhe der Carina eingeführt.

Lokale Entzündungen an der ZVK-Einstichstelle wurden in unserer Studie in 35 Fällen dokumentiert. Dabei stechen drei VJ-ZVK mit einer stark geröteten Einstichstelle und fünf VJ-ZVK mit Eiterbildung an der Einstichstelle hervor, bei den VSc- und VF-ZVK wurde dies nicht beobachtet. Ob bei einer Katheter-assoziierten Infektion die Kathetereinstichstelle die Eintrittspforte darstellt oder ob ein Katheter über die Blutbahn infiziert wurde, spielt für die Therapie eine untergeordnete Rolle. Bilder wie in Abbildung 22 sollten allerdings nicht vorkommen, treten sie dennoch auf, ist ein Katheterwechsel unumgänglich. Bereits bei starken Rötungen ist ein Einschreiten erforderlich. Dies gilt insbesondere für Patienten auf der Intensivstation, welche sich aufgrund der Atemwegssicherung und sedierender Medikamente oft nicht selbständig äußern können und beispielsweise auf Schmerzen oder lokale Missempfindungen an der Kathetereinstichstelle hinweisen können. Eine tägliche Inspektion der Kathetereinstichstelle sollte daher zum klinischen Alltag gehören, um frühzeitig einschreiten zu können.

Kaur et al. führten eine Fall-Kontroll-Studie mit 115 Patienten durch, in welcher sie die Inzidenz, Risikofaktoren und die Mikrobiologie der Katheter-assoziierten Infekte untersuchten. Von den 115 untersuchten Patienten wiesen 25 einen Katheter-assoziierten Infekt auf. Als Hauptrisikofaktoren wurden ein prolongierter Aufenthalt auf der Intensivstation ( $p= 0,003$ ) und eine lange Katheterliegedauer ( $p= 0,03$ ) aufgeführt. Ebenfalls wurden bei den Patienten mit Katheter-assoziierten Infektionen signifikant häufiger lokale Entzündungszeichen an der Kathetereinstichstelle beobachtet. Die Autoren betonen daher, dass bei lokalen Entzündungszeichen eine Entfernung des Katheters notwendig ist. (Kaur et al., 2015)

Timsit et al. führen in ihrer Metaanalyse (1419 Patienten mit 296 besiedelten Kathetern, 29 Katheter-assoziierten Infektionen und 23 Katheter-assoziierten Blutstrominfektionen) mangelnde Haftung der Katheterverbände als Hauptrisikofaktor für Katheter-assoziierte Infektionen auf extraluminalem Weg an. Die Ablösung der Verbände führte signifikant häufiger zu einer Kolonisation der Haut um die Kathetereinstichstelle herum ( $p= <0,001$ ). Das Risiko einer Katheter-assoziierten Blutstrominfektion stieg mit mangelnder Haftung des Pflasters um das Drei- bis Zehnfache. Dabei wurden Ablösungen der Verbände insbesondere bei Patienten mit hohem SOFA-Score und Nierenersatztherapien beobachtet. In 67% der Fälle musste der Verband vor dem geplanten Wechsel, aufgrund der Ablösung, erneuert werden. Bei Kathetern der VSc wurden weniger Ablösungen des Verbandes beschrieben. (Timsit et al., 2012).

Buetti et al. beschäftigten sich in ihrem Artikel mit Katheterverbänden und ihrem Management

auf Intensivstationen. Lokale Entzündungen der Kathetereinstichstelle, welche durch mangelhafte Verbände begünstigt werden, werden als Hauptursache für Katheter-assoziierte Infektionen aufgeführt. Bezüglich der Ursachen für mangelhafte Verbände verweisen sie auf die Metaanalyse von Timsit et al. (siehe oben). Die Notwendigkeit regelmäßiger Kontrollen des Verbandes auf Sauberkeit, Trockenheit und Intaktheit werden von Buetti et al. betont, falls diese grundlegenden Kriterien nicht gegeben sind, so sollte der Verband erneuert werden, um Infektionen zu vermeiden. Insbesondere den VJ-ZVK wird von den Autoren ein erhöhtes Risiko zugeschrieben, da sie bei Patienten mit Bartwuchs schlechter haften und oralen Sekreten ausgesetzt sind. (Buetti et al., 2022)

Betrachtet man die in unserem Beobachtungszeitraum dokumentierten lokalen Entzündungsreaktionen und die Ergebnisse der Pflegebefragung, so sticht die Lokalisation der VSc positiv hervor. Durch die anatomischen Gegebenheiten der Clavicularegion gestaltet sich die Versorgung des Katheters leichter und die Pflaster haben eine sicherere Haftung, welche nach der Studie von Timsit et al. eine deutliche Rolle in der Vermeidung von lokalen Infektionen an der Kathetereinstichstelle spielt. Hingegen bemängelten die Pflegefachkräfte in unserer Pflegebefragung an der Lokalisation der VJ, dass Haare und Bartwuchs die Pflasterhaftung negativ beeinflussen, nach den Studienergebnissen von Timsit et al. ein deutlicher Nachteil.

In allen drei Lokalisationen wurden in unserem Beobachtungszeitraum etwa ein Drittel der ZVK mit dem Verdacht auf einen Katheter-assoziierten Infekt entfernt (VJ: 76/226; VSc: 28/85; VF: 13/48). Dabei bestätigte sich der Verdacht bei den VJ-ZVK in 17% der Fälle, bei den VSc-ZVK in 7% der Fälle und bei den VF-ZVK in 31% der Fälle. ZVK-assoziierte Infekte traten signifikant häufiger bei den VF-ZVK als bei den VJ- und VSc-ZVK auf.

Deshpande et al. beschäftigten sich in ihrer prospektiven Beobachtungsstudie mit der Inzidenz infektiöser Komplikationen zentralvenöser Katheter. Sie unterteilten die Patienten in zwei Kollektive: Patienten mit einem Katheter, welche primär analysiert wurden und Patienten mit mehreren Kathetern in unterschiedlichen Lokalisationen, welche als Kontrollgruppe fungierten. Diese Kollektive wurden im Rahmen der Auswertung nochmals unterteilt. Es wurde zwischen Katheter-assoziiierter Infektion, definiert als Katheterspitze mit >15 kolonieformenden Einheiten und demselben Erregernachweis in mindestens einer Blutkultur, versus Besiedelung, definiert als Katheterspitze mit >15 kolonieformenden Einheiten ohne positive Blutkultur, unterschieden. In der Infektbewertung wurden, neben der mikrobiologischen Diagnostik, weitere klinische Parameter berücksichtigt, welche sich bei einem Katheter-assoziierten Infekt verändern oder einen Hinweis darauf liefern können. Darunter fallen in dieser Studie folgende Parameter: Temperatur >38° Celsius, Hypotension, Shivering, Hypothermie (<36° Celsius), Puls >100/Minute, Atemfrequenz >20/Minute, Anstieg oder Abfall

der Leukozyten, metabolische Azidose, respiratorische Alkalose, akutes Nierenversagen, disseminierte intravasale Gerinnung, lokale Entzündungszeichen (Verhärtung, Ausfluss, Erythem, Schwellung), mehrere Punktionsversuche bei der ZVK-Anlage, Hämatom, typischer Keim für Katheter-assoziierte Infektionen in der Blutkultur. Insgesamt wurden 831 ZVK mit 4735 Katheterliegetagen analysiert. Sowohl in dem Kollektiv mit nur einem ZVK als auch in dem Kollektiv mit mehreren aufeinander folgenden ZVK, konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Lokalisationen VJ, VSc und VF in Bezug auf die Katheter-assoziierten Infektionen oder die Besiedelung festgestellt werden. Insgesamt lag die Katheter-assoziierte Infektrate in dieser Studie bei 2,29%. Deshpande et al. schlussfolgern aufgrund ihrer Daten, dass alle drei Lokalisationen, in beiden untersuchten Kollektiven, im Hinblick auf das Infektionsrisiko als gleichwertig anzusehen sind. (Deshpande et al., 2005)

Die Studie von Deshpande et al. weist den ausführlichsten Score auf, welcher in vielen Punkten mit dem von uns erhobenen Score übereinstimmt. So gehen in beiden Scores, neben den mikrobiologischen Befunden, die Parameter Temperatur, Veränderung der Leukozyten, lokale Entzündungszeichen und für Katheter-assoziierte Infektionen typische Keime mit ein. Darüber hinaus nutzt der Score von Deshpande et al. weitere unspezifische Parameter, wie Hypotension, Shivering, Hypothermie, Tachykardie, Tachypnoe, metabolische Azidose, respiratorische Alkalose, akutes Nierenversagen, Thrombose, mehrere Punktionsversuche bei der Katheteranlage und Auftreten eines Hämatoms. Betrachtet man die Patienten unserer Studie genauer, so kann man bei einem SAPS II von durchschnittlich  $39,5 \pm 12$  bei Aufnahme davon ausgehen, dass einige der durch Deshpande et al. erhobenen Parameter früher oder später bei fast allen Patienten zu finden sind. Eine Veränderung dieser Parameter im Verlauf des Intensivaufenthalts kann zahlreiche Ursachen haben, dabei muss es sich jedoch nicht zwingend um einen Katheter-assoziierten Infekt handeln. Das klinische Erscheinungsbild des Patienten, der Grund für seinen Aufenthalt auf der Intensivstation und seine Entwicklung in den letzten Tagen und Stunden sollten, neben den zahlreichen von Deshpande et al. genutzten Parametern, nicht vernachlässigt werden.

Gowardman et al. fokussierten sich in ihrer zweijährigen prospektiven Studie auf den Einfluss der Lokalisation des ZVK auf die Infektionsrate. 605 ZVK (279 VJ, 102 VSc, 208 VF, 16 Sonstige (Cubital)) wurden dabei analysiert. Ein Infekt wurde definiert als >15 Erreger pro ZVK-Spitze plus positive Blutkultur mit demselben Erreger bei keiner anderen offensichtlichen Infektionsquelle. Die höchsten Infektionsraten wurden bei VF-ZVK (1,3%) beobachtet, gefolgt von VJ-ZVK (0,7%) und keine Infektionen bei VSc-ZVK, wobei die Unterschiede kein Signifikanzniveau erreichten. Bei den Kolonisationen, welche als >15 Erreger pro ZVK-Spitze ohne positive Blutkultur definiert wurden, gab es signifikant mehr kolonisierte VJ-ZVK (12,3%) und VF-ZVK (11,3%) als VSc-ZVK (6,8%). (Gowardman et al., 2008) Auch in unserer Studie

gab es einen Trend zu weniger Kolonisationen bei den VSc-ZVK (VJ-ZVK: 31,6%; VSc-ZVK: 14,3%; VF-ZVK: 38,5%). Insgesamt waren unserer Kolonisationsraten höher als in der Studie von Gowardman et al. Ein Grund dafür könnte unsere etwas genauere Definition einer Kolonisation sein: während in der Studie von Gowardman et al. >15 Erreger pro ZVK-Spitze, unabhängig von der Länge der untersuchten Katheterspitze, als kolonisiert gelten, wird in unserer Studie die Kolonisation mit >5 Erregern *pro cm ZVK* definiert. Ein weiterer Grund für den Unterschied der Ergebnisse könnte in der längeren ZVK-Liegedauer unserer Studie von durchschnittlich 11,4 Tagen verglichen mit 6,7 Tagen bei Gowardman et al. liegen. Darüber hinaus wurden in unserer Studie ausschließlich die Katheter in Hinblick auf eine Katheter-assoziierte Infektion untersucht, bei welchen der Verdacht auf einen Katheter-assoziierten Infekt bestand. Katheter, welche aus anderen Gründen entfernt wurden, wurden dahingehend nicht analysiert.

Merrer et al. beschäftigten sich in ihrer dreijährigen randomisierten Studie mit Komplikationen der VF- und VSc-ZVK-Anlage bei kritisch kranken Patienten. Insgesamt wurden 289 ZVK-Anlagen (VSc: 144; VF: 145) im Hinblick auf mechanische, infektiöse und thrombotische Komplikationen ausgewertet. Bei den mechanischen Komplikationen bei der Anlage konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden (VSc: 27/144; VF: 25/145). Es konnten signifikant geringere Infektionsraten bei VSc-ZVK (6/136) im Vergleich zu VF-ZVK (27/134), sowie signifikant geringere Raten an thrombotischen Komplikationen bei den VSc-ZVK (2/107) im Vergleich zu den VF-ZVK (25/116) nachgewiesen werden. (Merrer et al., 2001) In unserer Studie konnte mit drei arteriellen Punktionen der VSc, ohne die Notwendigkeit einer Intervention, und keinen Komplikationen bei der VF-ZVK-Anlage ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen den mechanischen Komplikationen nachgewiesen werden. Auch die signifikant geringeren Infektionsraten bei den VSc-ZVK decken sich mit den Daten unserer Studie.

Die Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention des Robert Koch-Institut (KRINKO) spricht in der aktuellen Empfehlung zur Prävention von Infektionen, die von Gefäßkathetern ausgehen, keine klare Empfehlung für eine ZVK-Lokalisation aus. Es wird jedoch betont, dass es deutliche Hinweise auf niedrigere Infektionsraten bei VSc-ZVK gibt. Für tracheotomierte Patienten rät die KRINKO von VJ-ZVK ab und betont die niedrigen Infektionsraten bei den VSc-ZVK (Simon, A. et al., 2017).

Aufgrund der unterschiedlichen Herangehensweise der verschiedenen Studien in Bezug auf die genaue Infektdefinition, Verwendung eines Infektscores, unterschiedliche Patientenkollektive, sowie die Anlagetechnik, den Katheterverbandswechsel und den zum Teil festgelegten ZVK-Wechsel nach einem vorgeschriebenen Zeitintervall, können die genauen Raten an Infektionen der Studien nicht exakt verglichen werden. Ein Trend in Bezug auf die

Häufigkeit der Infektionen  $VF > VJ > VSc$  ist jedoch erkennbar. Diesbezüglich stimmen die Ergebnisse unserer Studie mit der betrachteten Literatur überein.

In unserem einjährigen Beobachtungszeitraum kam es in insgesamt 15 Fällen zu einer vollständigen Dislokation der ZVK (VJ: 10/226; VSc: 1/85; VF: 4/48) und in 8 weiteren Fällen von VJ-ZVK zu teilweisen Dislokationen, welche alle einen ZVK-Wechsel zur Folge hatten. Signifikant häufiger handelte es sich um ZVK der VJ und der VF, welche dislozierten, wohingegen bei den ZVK der VSc nur ein einziges Mal eine Dislokation beschrieben wurde (VJ: 8%; VSc: 1,2%; VF: 8,3%).

Bezüglich der Dislokationen von ZVK, insbesondere in Abhängigkeit der Lokalisation, finden sich keine Studien mit dieser spezifischen Fragestellung. Dabei kann sowohl die partielle wie auch die vollständige Dislokation eines ZVK für einen Patienten auf der Intensivstation ein relevantes, aber vermeidbares Risiko darstellen. Nicht nur, dass Lösungen zur parenteralen Ernährung und andere Medikamente das umliegende Gewebe schädigen können, bereits wenige Sekunden ohne die teils überlebensnotwendigen Medikamente, wie beispielsweise Katecholamine, können für einen Intensivpatienten schwerwiegende Folgen haben. Daher ist eine Sicherung des ZVK durch eine Annaht und/oder die sichere Fixierung durch spezielle Pflaster unumgänglich. Ebenfalls die befragten Pflegefachkräfte unserer Studie betonten die hohe Relevanz einer sicheren Annaht. Aufgrund des leichten Herausrutschens zwischen den Flügelklips, insbesondere bei Kontakt mit Flüssigkeit, erscheint eine Annaht des ZVK empfehlenswert, beispielsweise mit der von uns verwendeten Strumpftechnik, in welcher der Katheter zusätzlich an den festen Ösen mit einem Faden fixiert wird (zur Methode siehe Kapitel 3.3.3). Die Annaht des ZVK nach der auf der IOI geltenden SOP in der Strumpftechnik wurde bei nahezu allen ZVK dieser Studie verwendet (siehe Kapitel 3.3.3 und Anhang B SOP: Zentralvenöse Gefäßzugänge). Dennoch konnten wir in unserem Beobachtungszeitraum insgesamt 15 vollständige Dislokationen beobachten (10 VJ,  $n = 226$ ; 1 VSc,  $n = 85$ ; 4 VF,  $n = 48$ ). Positiv fielen dabei die VSc-ZVK auf: sie dislozierten signifikant seltener als die VJ-ZVK und VF-ZVK.

## 5.1. Schlussfolgerung und Ausblick

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass bei den VSc-ZVK

1. bei überwiegend Ultraschall-gesteuerter ZVK-Anlage insgesamt keine klinisch relevanten Komplikationen auftraten (dokumentierte VSc-ZVK Anlagen: n= 89, dokumentiert Ultraschall-gesteuert: n= 71).
2. durch Schulungsmaßnahmen die Anzahl der eingebrachten ZVK im Beobachtungszeitraum deutlich gesteigert werden konnte, sodass 50% aller ZVK-Anlagen nach der Beobachtungswoche 44 in der Lokalisation der VSc erfolgten.
3. signifikant weniger Dislokationen auftraten als bei den ZVK der VJ und VF.
4. die Anlage häufiger als Wechsel und demnach bei Patienten mit einem längeren Aufenthalt auf der Intensivstation durchgeführt wurde.
5. signifikant seltener lokale Infektionen als bei VJ-ZVK auftraten.
6. signifikant seltener Katheter-assoziierte Infektionen als bei VF-ZVK auftraten.
7. eine positivere Bewertung des Handlings von Seiten der Pflegefachkräfte dokumentiert werden konnte.

In der Zusammenschau der Befunde dieser Doktorarbeit, sowie der Fachliteratur, kann daher eine Empfehlung für die Bevorzugung der ZVK-Lokalisation in der V. subclavia für eine längere Liegedauer bei kritisch kranken Patienten einer Intensivstation ausgesprochen werden. Voraussetzung hierfür ist eine Ultraschall-gesteuerte Anlagetechnik zur Vermeidung von Komplikationen, die bei meist unerfahrenen Assistenzärzten, wie in dieser Studie, entsprechende Schulung und Anleitung voraussetzt.

# A. Literaturverzeichnis

- Buetti, N., Rickard, C. M., & Timsit, J.-F. (2022). Catheter dressings. *Intensive Care Medicine*.  
<https://doi.org/10.1007/s00134-022-06734-w>
- Christopher Smith, C., Huang, G. C., Newman, L. R., Clardy, P. F., Feller-Kopman, D., Cho, M., Ennacheril, T., & Schwartzstein, R. M. (2010). Simulation training and its effect on long-term resident performance in central venous catheterization. *Simulation in Healthcare*, 5(3), 146–151. <https://doi.org/10.1097/SIH.0b013e3181dd9672>
- Davis, J. D., Treggiari, M. M., Dickson, E. A., & Schulman, P. M. (2021). A Training Program for Real-Time Ultrasound-Guided Catheterization of the Subclavian Vein. *Journal of Medical Education and Curricular Development*, 8, 238212052110258. <https://doi.org/10.1177/23821205211025849>
- Deshpande, K., Hatem, C., Ulrich, H., & Currie, B. (2005). The incidence of infectious complications of central venous catheters at the subclavian, internal jugular and femoral site in an intensive care unit population. *Crit Care Med*, 33.
- Gowardman, J. R., Robertson, I. K., Parkes, S., & Rickard, C. M. (2008). Influence of insertion site on central venous catheter colonization and bloodstream infection rates. *Intensive Care Medicine*, 34(6), 1038–1045. <https://doi.org/10.1007/s00134-008-1046-3>
- Gualtieri, E; Deppe, S.; Sipperly, M. E. (1995). Subclavian venous catheterization - Greader success rate for less experienced operators using ultrasound guidance. *Critical Care Medicine*, 23(4), 692–697.  
[https://journals.lww.com/ccmjournal/Fulltext/1995/04000/Subclavian\\_venous\\_catheterization\\_\\_Greater\\_success.18.aspx](https://journals.lww.com/ccmjournal/Fulltext/1995/04000/Subclavian_venous_catheterization__Greater_success.18.aspx)
- Hind, D., Calvert, N., McWilliams, R., Davidson, A., Paisley, S., Beverley, C., & Thomas, S. (2003). Ultrasonic locating devices for central venous cannulation: Meta-analysis. *British Medical Journal*, 327(7411), 361–364. <https://doi.org/10.1136/bmj.327.7411.361>
- Imataki, O., Shimatani, M., Ohue, Y., & Uemura, M. (2019). Effect of ultrasound-guided central venous catheter insertion on the incidence of catheter-related bloodstream infections and mechanical complications. *BMC Infectious Diseases*. <https://doi.org/10.1186/s12879-019-4487-0>
- Kaur, M., Gupta, V., Gombar, S., Chander, J., & Sahoo, T. (2015). Incidence, risk factors, microbiology of venous catheter associated bloodstream infections - A prospective study from a tertiary care hospital. *Indian Journal of Medical Microbiology*, 33(2), 248–254. <https://doi.org/10.4103/0255-0857.153572>
- Kusminsky, R. E. (2007). Complications of Central Venous Catheterization. *Journal of the American College of Surgeons*, 204(4), 681–696.

- <https://doi.org/10.1016/j.jamcollurg.2007.01.039>
- Lalu, M. M., Fayad, A., Ahmed, O., Bryson, G. L., Fergusson, D. A., Barron, C. C., Sullivan, P., & Thompson, C. (2015). Ultrasound-guided subclavian vein catheterization: A systematic review and meta-analysis. *Critical Care Medicine*, 43(7), 1498–1507. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000000973>
- Lanspa, M. J., Fair, J., Hirshberg, E. L., Grissom, C. K., & Brown, S. M. (2014). Ultrasound-guided Subclavian Vein Cannulation Using a Micro-Convex Ultrasound Probe. *AnnalsATS*. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201311-414BC>
- Merrer, J., de Jonghe, B., Golliot, F., Lefrant, J.-Y., Raffy, B., Barre, E., Rigaud, J.-P., Casciani, D., Misset, B., Bosquet, C., Outin, H., Brun-Buisson, C., Nitenberg, G., & Care, for the F. C. S. G. in I. (2001). Complications of Femoral and Subclavian Venous Catheterization in Critically Ill PatientsA Randomized Controlled Trial. *JAMA*, 286(6), 700–707. <https://doi.org/10.1001/jama.286.6.700>
- Schulz, J., Scholler, A., Frank, P., Scheinichen, D., Flentje, M., Eismann, H., & Palmaers, T. (2020). Complications and success rates of subclavian vein catheterization depending on experience. *Anaesthesist*. <https://doi.org/10.1007/s00101-020-00888-2>
- Schuster, M., Nave, H., Piepenbrock, S., Pabst, R., & Panning, B. (2000). The carina as a landmark in central venous catheter placement. *British Journal of Anaesthesia*, 85(2), 192–194. <https://doi.org/10.1093/bja/85.2.192>
- Simon, Arne; Gefers, Christine; Kramer, Axel; Scheithauer, Simone; Schulz-Stübner, Sebastian; Suger-Wiedeck, Heidemarie; Trautmann, M. (2017). Prevention of vascular catheter-related infections: Part 1 - Nontunneled central venous catheters: Recommendation of the Commission for Hospital Hygiene and Infection Prevention (KRINKO) at the Robert Koch Institute. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 60(2), 171–206. <https://doi.org/10.1007/s00103-016-2487-4>
- Soni, N. J., Reyes, L. F., Keyt, H., Arango, A., Gelfond, J. A., Peters, J. I., Levine, S. M., Adams, S. G., & Restrepo, M. I. (2016). Use of ultrasound guidance for central venous catheterization: a national survey of intensivists and hospitalists. *Journal of Critical Care*, 36, 277–283. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2016.07.014>
- Timsit, J.-F., Bouadma, L., Ruckly, S., Schwebel, C., Garrouste-Orgeas, M., Bronchard, R., Calvino-Gunther, S., Laupland, K., Adrie, C., Thuong, M., Herault, M.-C., Pease, S., Arrault, X., & Lucet, J.-C. (2012). Dressing disruption is a major risk factor for catheter-related infections\*. *Critical Care Medicine*, 40(6), 1707–1714. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e31824e0d46>

# B. SOP: Zentralvenöse Gefäßzugänge

## SOP: Zentralvenöse Gefäßzugänge

**Ziel:** notwendige Gefäßzugänge sicher und komplikationsarm anzulegen und zu pflegen.

**Geltungsbereich:** durch Klinikleiter festzulegen

### Zuständigkeiten

Ärzte: Indikation, Anlage und Entfernen, Dokumentation der Anlage

Pflegende: Vorbereiten der Materialien, Assistenz, tägliche Katheterpflege, Entfernen der Katheter (ggf. Spitzen einschicken), Dokumentation der Nutzung

### Grundsätze:

- Die Aufklärung muss bei elektiver Anlage dokumentiert sein.
- **Strenge Indikationsstellung** für die Anlage!
- Notwendigkeit täglich prüfen und sobald die Indikation entfällt entfernen!
- **Kein routinemäßiger Wechsel** in best. Zeitintervallen, aber tgl. Monitoring von lokalen und system. Infektzeichen!
- **Strikte Asepsis** bei Anlage aller Gefäßzugänge in Seldingertechnik!
- **Ultraschall** soll, wenn verfügbar, immer benutzt werden.
- Es muss sichergestellt sein, dass die übernehmende Fachabteilung in der Lage ist, den jeweiligen Gefäßzugang fachgerecht zu versorgen und zu überwachen.

### Typische Indikationen:

- Infusion hyperosmolarer Lösungen (z.B. parenterale Ernährung)
- hämodynamisch instabile Patienten (kontinuierliche Zufuhr von Katecholaminen)
- Verabreichung mehrerer miteinander inkompatibler kontinuierlicher Infusionen
- Notwendigkeit regelmäßiger Blutentnahmen bei Patienten mit schwierigem Venenstatus
- Kontinuierliche Nierenersatzverfahren
- Kontinuierliche Lungenersatz- oder Partialersatzverfahren

### Typische Zugangswege

- Die VJI re hat gegenüber li den Vorteil des geraden Verlaufs
- Die VSC hat gegenüber der VJI den Vorteil einer geringeren Infektionsrate aber den Nachteil einer möglichen Einklemmung zw. 1. Rippe und Clavicula
- Die V. fem. hat wahrscheinlich höhere Thromboseraten (Die Infektionsraten sind umstritten) und ist für SvO<sub>2</sub>Monitoring nicht validiert. Für Dialysekatheter sollten hier lange Katheter (25 cm) verwendet werden.
- Peripher gelegte zentrale Katheter (V. cephalica, V. basilica, V. cubitalis) haben ein hohes Thromboserisiko.

### Typische Verfahrensdurchführung Vorbereitung (Pflegekraft)

- Bereitstellen:
  - Ultraschallgerät mit Sterilhüllen für Schallkopf, Vorhof-EKG Ableitsystem (graues Kästchen, Certodyn®) Lokalanästhetikum, Sedativum, Vasopressor, Atropin bereithalten, Haube, Mundschutz, sterile Handschuhe,
  - Tisch steril herrichten mit Punktionsset Homburg, geplanter Katheter, ggf. Dreiwege-Hähne, Braunoderm® Desinfektionslösung (1. Tupferschale), NaCl 0,9% zum Durchspülen der Lumina (2. Tupferschale)
- Patienten vorbereiten:
  - Patienten informieren, lagern, Saugunterlage (Moltex®), ggf. Rasur. Bei Beatmeten: Beatmung kontrollieren, FiO<sub>2</sub> erhöhen, bei nicht Beatmeten: O<sub>2</sub>-Insufflationsmaske, für VJI ggf. auch NIV-Maske aufsetzen, EKG-, SaO<sub>2</sub>-, RR-Monitoring, QRS-Ton einschalten

- Während der Punktion überwacht die Pflegekraft den Patienten (Angst? Schmerz? Vitalzeichen?) und assistiert nach Bedarf des Arztes

#### **Vorgehensweise bei der Punktion (Arzt)**

- Überprüfen der Gerinnung (z.B.: Thromboz., INR, PTT)
- Haube, Mundschutz, chirurgische Händedesinfektion, Kittel, sterile Handschuhe
- Hautdesinfektion mit hinreichender Einwirkzeit beachten, Großflächiges Abdecken, Lokalanästhesie
- Bei US gesteuerter Punktion: Gerät für Sicht positionieren, Schallkopf in sterile Schutzhülle verpacken. Optimal ist die schwierigere inline-Punktion, out-of-plane-Punktionen werden leichter erlernt.
- Bei der Punktion kann ggf. bereits Blut für die Kultur abgenommen werden
- Nach der Punktion Seldingerdraht einführen (im US kann das Ausführen des Drahtes intraluminal erkannt werden), dann den Dilatator nutzen und anschließend den Katheter über den Seldingerdraht bis kurz vor das Hautniveau einführen. Dann wird der Seldingerdraht zurückgezogen, bis er am patientenfernen Ende des Katheters hinausragt. Der Katheter kann nun durch die Haut geschoben werden. Der Draht muss dabei immer am patientenfernen Ende herausragen.
- Bei Unsicherheit, ob es sich um venöses oder arterielles Blut handelt: BGA durchführen/Druckmessung anschließen.
- Alle Lumina auf Rückläufigkeit prüfen und luftleer durchspülen, Dreiwegehähne montieren, Annaht (s. Anhang).

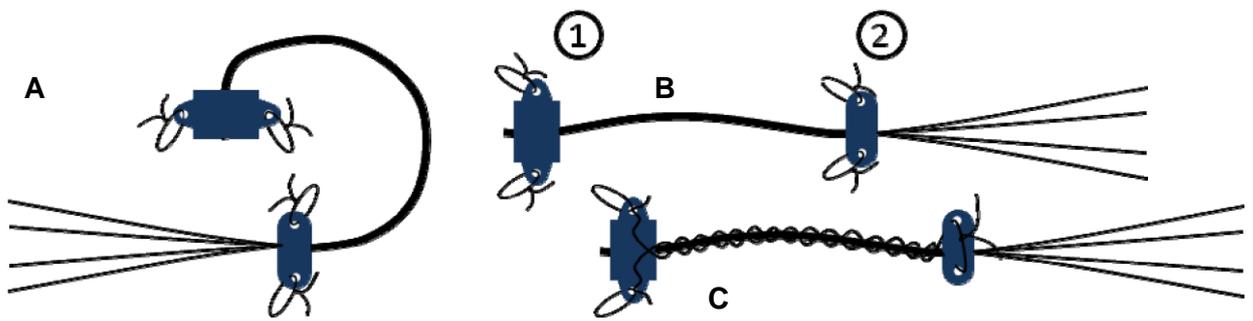
#### **Lagekontrollverfahren:**

- Die Ableitung eines Vorhof-EKGs über den Seldingerdraht im ZVK (hohe spitze P-Welle bei Sinusrhythmus) und Zurückziehen des ZVK in die V. cava sup. (P-Welle wieder abgeflacht) ist ein anerkanntes Verfahren zur zentralen Lagekontrolle.
- Eine Ultraschalluntersuchung kann über eine Kontrastverstärkung die Lage im rechten Vorhof verifizieren und einen Pneumothorax detektieren oder ausschließen. Wenn die US-Untersuchung beherrscht wird, kann auf eine Röntgen-Thorax-Aufnahme verzichtet werden.
- Eine Röntgen-Thorax- Aufnahme kann die Lage anzeigen und einen Pneumothorax erkennen lassen.
- Der Pflegekraft muss mitgeteilt werden, wann der Katheter genutzt werden kann.
- Es muss Indikation, Aufklärung, Zeitpunkt, Art, Ort, ZVK-Lage ab Hautniveau, Zahl der Punktionsversuche und – orte, ggf. US assistierte oder gesteuerte Punktion, Vorhof-EKG-Kontrolle, Komplikationen (arterielle Punktion, Hämatom, Luftaspiration, Pneumothorax, Chylothorax, Nervenverletzung) dokumentiert werden  
Bsp.: „Parenterale Ernährung, schriftl. Aufklärung erfolgt, 2L-ZVK VJI re, 16 cm Hautniveau, US-gesteuert, VorhofEKG kontrolliert, 2 Punktionsversuche, keine Kompl.“)

#### **Katheterpflege (Pflegekraft):**

- Strikte Asepsis bei allen Handlungen nach Hygieneordnung (Einspritzen, Blutentnahmen, Verbandswechsel) • Wechsel des Infusionssystems (einschließlich Dreiwegehähne):
  - Bei Verwendung von inline-Filtern alle 4 Tage, sonst alle 3 Tage
  - Bei Applikation von Lipidlösungen alle 24 h, Propofol alle 12 h, Blut und Blutprodukten alle 6h
- tägliche Dokumentation des Inspektionsbefundes (Copro S. 13):
  - **Palpation** der Einstichstelle über dem Verband – Schmerz?
    - Händedesinfektion, saubere Handschuhe, Verband entfernen, **Inspektion** der Einstichstelle - Rötung? Schwellung? Leckage/Exsudat? Katheterlage Hautniveau?
      - Händedesinfektion, sterile Handschuhe, oder in „no touch“-Technik **säubern** ggf. mit NaCl 0,9% und **Desinfektion** von Punktionsstelle, Naht und Katheter
      - Keine antibakteriellen Cremes/Salben auf die Insertionsstelle aufbringen
        - **Steriler Katheterverband**, Handschuhe werfen, Händedesinfektion

## Annaht



### Abb.: mögliche Annahttechniken

Die verwendeten ZVKs der Firma B-Braun sollten nicht nur an den festgeclippten (1), sondern auch an den integrierten Fixierflügeln (2) festgenäht werden, da der ZVK sonst bei Nässe zwischen den Clip-Flügelchen hindurch rutschen kann. Im Bereich der Herz-Thorax-Chirurgie soll nur die Variante C benutzt werden.

### Glossar

VJl= V. jugularis interna; VSC V. subclavia,

### Änderungsindex

30.10.12: Variante C für HTC

### Literatur

1. Guidelines for Performing Ultrasound Guided Vascular Cannulation: Recommendations of the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. Trojanos CA et al. *Anesth Analg* (2012) 114 (1): 46-72
2. International evidence-based recommendations on ultrasound guided vascular access. Lamperti M et al. *Intensive Care Medicine* (2012) 38: 1105-1117
3. Central venous access sites for the prevention of venous thrombosis, stenosis and infection. Ge X et al. *Cochrane Database Syst Rev*. 2012 Mar 14;3:CD004084.
4. Meta-analysis of subclavian insertion and nontunneled central venous catheter-associated infection risk reduction in critically ill adults. Parienti JJ et al. *Crit Care Med*. 2012 May;40(5):1627-34.
5. The risk of catheter-related bloodstream infection with femoral venous catheters as compared to subclavian and internal jugular venous catheters: A systematic review of the literature and meta-analysis. Marik PE et al. *Crit Care Med*. 2012 Aug;40(8):2479-85.
6. Ultrasound localization of central vein catheter and detection of postprocedural pneumothorax: an alternative to chest radiography. Vezzani A et al. *Crit Care Med*. 2010 Feb;38(2):533-8.
7. Test characteristics of ultrasonography for the detection of pneumothorax: a systematic review and meta-analysis Alrajhi K et al. *Chest*. 2012 Mar;141(3):703-8. Epub 2011 Aug 25.
8. [www.guidance.nice.org.uk/TA49](http://www.guidance.nice.org.uk/TA49)

Version 1.1 Erstellt von A. Meiser am 14.10.2012; geändert von T.Volk am 30.10.12

Freigegeben von T. Volk am 30.10.2012

# C. Publikationen

Teile dieser Arbeit wurden veröffentlicht in:

- **„Vergleich verschiedener Lokalisationen zentralvenöser Katheter bei Patienten einer operativen Intensivstation„**

Abstract erschienen in A&I (Supplement Nr.7 2023, Ausgabe April 2023) mit ePoster-Präsentation auf dem Deutschen Anästhesiecongress 2023

# D. Pflegebefragungsbogen

## Pflegebefragung: Handling zentralvenöser Katheter

<input type="checkbox"/> Weiblich	<input type="checkbox"/> Männlich
<b>Erfahrung in der Pflege</b> (Mehrfachnennungen sind möglich)	
Ich arbeite seit _____ Jahren in der Pflege	
Davon _____ Jahre auf einer Intensivstation	
Davon _____ Jahre in der Anästhesie	
<input type="checkbox"/> Ich habe die Fachweiterbildung zur Anästhesie- & Intensivfachpflegekraft gemacht	
<input type="checkbox"/> Ich bin in der Fachweiterbildung zur Anästhesie- & Intensivfachpflegekraft	

Bitte bewerten Sie die folgenden Aussagen in Bezug auf einen ZVK der **Vena jugularis**:

	Stimmt nicht <span style="float: right;">Stimmt</span>									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Der Katheter ist schwer zu erreichen, wenn der Patient/die Patientin auf die Seite gelagert ist										
Der Katheter stört bei der Mobilisation des Patienten/der Patientin aus dem Bett										
Der Katheter erschwert die Versorgung eines Tracheostoma										
Die tägliche Versorgung des Katheters ist umständlich										
Der Verband über dem Katheter ist schwieriger sauber zu halten										
Bei der täglichen Pflege/ Mobilisation disloziert der Katheter häufiger										
Bei unruhigen Patient*innen disloziert der Katheter häufiger										
Die Haare der Patient*innen verfangen sich im Pflaster des Katheters										
Bei Bartwuchs ist es schwierig, den Katheter zu fixieren										

Bitte bewerten Sie die folgenden Aussagen in Bezug auf einen ZVK der **Vena subclavia**:

	Stimmt nicht										Stimmt									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Der Katheter ist schwer zu erreichen, wenn der Patient/die Patientin auf die Seite gelagert ist																				
Der Katheter stört bei der Mobilisation des Patienten/der Patientin aus dem Bett																				
Der Katheter erschwert die Versorgung eines Tracheostoma																				
Die tägliche Versorgung des Katheters ist umständlich																				
Der Verband über dem Katheter ist schwieriger sauber zu halten																				
Bei der täglichen Pflege/ Mobilisation disloziert der Katheter häufiger																				
Bei unruhigen Patient*innen disloziert der Katheter häufiger																				
Die Haare der Patient*innen verfangen sich im Pflaster des Katheters																				
Bei Bartwuchs ist es schwierig, den Katheter zu fixieren																				

Gibt es weitere Probleme mit dem einem der Katheter? Falls „Ja“, bitte kurz erläutern:

<b>V. jugularis</b>
<b>V. subclavia</b>
<b>Allgemein</b>

Wenn Sie zwischen einem ZVK in der Vena jugularis und einem ZVK in der Vena subclavia wählen müssten, für welchen würden Sie sich entscheiden?

**Vena jugularis**

**Vena subclavia**

## E. Danksagung

Ohne die Unterstützung einiger Menschen, sowie die Bereitstellung der Daten, wäre diese Doktorarbeit nicht möglich gewesen.

Daher möchte ich mich bei dem **Team der IOI** bedanken. Nur dank eurem täglichen Einsatz konnte diese Arbeit realisiert werden. Sei es die tägliche Pflege der Katheter, die Dokumentation oder meine Katheter-Visiten, ihr wart mir eine große Hilfe! Dabei ist es nicht selbstverständlich, dass sich ein Teil der Pflegekräfte zusätzlich die Zeit genommen hat meinen Fragebogen auszufüllen. Vielen Dank!

Ich danke **Frau N. Steininger-Marx** für die Unterstützung bei der Pflegebefragung.

Ein weiterer Dank gilt Frau **Prof. Dr. med. B. Gärtner** für Ihre Expertise bei der Erstellung des Infektscores.

Ich danke **Herrn M. Eizenhammer** für die Bereitstellung der Abbildung 1 und Abbildung 3, sowie die Zusammenarbeit in dem MISP-Projekt.

Mein größter Dank gilt **Herrn Priv.-Doz. Dr. med. A. Meiser**.

Ich danke Ihnen Herr Meiser, nicht nur für das Überlassen dieses Themas, sondern insbesondere für all die Zeit, die Sie sich für mich genommen haben, für Ihre unerschöpfliche Geduld, Ihre Hilfe, das Fachwissen, das Sie mir vermittelt haben und nicht zuletzt für Ihr Vertrauen in meine Arbeit und mich als Person.

Ich hätte mir keinen besseren Doktorvater wünschen können!

Zu guter Letzt möchte ich **meinen Eltern** danken.

Dafür, dass Ihr immer an mich glaubt auch oder grade dann, wenn ich es selbst nicht tue. Dafür, dass Ihr mir die Medizin in die Wiege gelegt habt und mich in meinem Traum Ärztin zu werden stets bestärkt. Für die Inspiration zur Pflegebefragung. Für Eure Art und Eure Unterstützung. Danke!

# **F. Lebenslauf**

Aus datenschutzrechtlichen Gründen wird der Lebenslauf in der elektronischen Fassung der Dissertation nicht veröffentlicht.